

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

ZAVRŠNI RAD

MULTIMODALNI RUTNI VODIČI

MULTIMODAL ROUTE GUIDES

Mentor: Dr. sc. Pero Škorput

Student: Matija Škorić, 2405198392

Zagreb, 2016.

FAKULTET PROMETNIH
ZNANOSTI
KNJIŽNICA

Zagreb, 25. svibnja 2015.

Zavod: Zavod za inteligentne transportne sustave
Predmet: Inteligentni transportni sustavi I

ZAVRŠNI ZADATAK br. 1998

Pristupnik: **Matija Škorić (2405198392)**
Studij: Inteligentni transportni sustavi i logistika
Smjer: Inteligentni transportni sustavi

Zadatak: **Multi-modalni rutni vodiči**

Opis zadatka:

Održiva mobilnost predstavlja kompleksnu problematiku i veliki izazov prometne struke u 21. stoljeću. Inteligentni transportni sustavi nude spektar rješenja koja mogu doprinijeti održivom razvoju mobilnosti. Jedna od takvih usluga su multi-modalni rutni vodiči. U završnom radu potrebno je analizirati problemsko područje primjene multi-modalnih rutnih vodiča. Glavni dijelovi završnog rada su:

1. Uvod
2. Održiva mobilnost
3. EU smjernice u području multi-modalnih usluga
4. ITS arhitektura predputnog i putnog informiranja
5. Značajke multi-modalnih rutnih vodiča
6. Analiza slučaja
7. Zaključak

Zadatak uručen pristupniku: 19. ožujka 2015.

Mentor:



dr. sc. Pero Škorput

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

SAŽETAK

Utjecaji razvoja prometnih sustava s ekonomskog, gospodarskog i ekološkog aspekta potaknuli su stručnjake na izradu planova koji će budući razvoj sustava učiniti održivim. Europska unija, s druge strane, naglašava važnost multimodalnih sustava čijom primjenom štedimo novac, vrijeme i okoliš. Smjernice propisane od strane Europske unije definiraju razvoj ITS arhitekture i usluga s naglaskom na informacijske i kooperativne sustave primjenjive na području cijele Europske unije. ITS arhitektura putnog i predputnog informiranja osnova je za pružanje multimodalnih usluga. Dostupnost podataka i informacija preduvjet su za razvijanje sustava kooperativnog multimodalnog informiranja. U tehnološkom smislu, cilj je osigurati razmjenu informacija između različitih ITS aplikacija. Na temelju tih informacija korisnik u vlastitom korisničkom pogledu ili personaliziranoj aplikaciji kreira sebi prilagođeno putovanje. Takve usluge omogućavaju korisniku da planira svoje putovanje prema vlastitim željama i kriterijima, birajući mod putovanja, rutu, cijenu, vrijeme putovanja i slično.

KLJUČNE RIJEČI: Multimodalni rutni vodiči; predputno informiranje; putno informiranje; kooperativni sustavi; ITS arhitektura

SUMMARY

Influence of rapidly developing traffic systems from economic and ecological aspects has made the scientists to make plans which will make further development of traffic systems sustainable. European union highlights the importance of multimodal systems, where we can, with their application, save money, time and environment. Guidelines prescribed by EU define the development of ITS architecture and services with an accent on information and cooperative systems applicable on the whole area of European union. ITS architecture of travel and pre-travel information represents the foundation for providing multimodal services. Data and information accessibility are prerequisites for development of cooperative multimodal informing systems. In technology terms the goal is to ensure exchange of information between different ITS applications. Based on that information user can create and plan his trip in his own personalized application choosing, according to his own preferences, the transportation mode, route, price, time of travel, etc..

KEYWORDS: Multimodal route guides; pre-travel information; travel information; cooperative systems; ITS architecture.

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. ODRŽIVA MOBILNOST.....	3
2.1. Uspostava držive urbane mobilnosti.....	4
2.2. Opći ciljevi plana održive mobilnosti.....	6
2.3. Politika i mjere za urbanu mobilnost.....	6
2.4. Uspostave održive mobilnosti u urbanim sredinama.....	7
3. EU SMJERNICE U PODRUČJU MULTIMODALNIH USLUGA.....	12
4. ITS ARHITEKTURA PREDPUTNOG I PUTNOG INFORMIRANJA.....	14
4.1. Arhitektura kooperativnih inteligentnih transportnih sustava.....	16
4.2. Značajke kooperativnih inteligentnih transportnih sustava.....	17
4.3. Sustav predputnog informiranja putnika i vozača.....	18
4.4. Sustav putnog informiranja vozača.....	19
4.4.1. Savjet vozaču.....	20
4.4.2. Informiranje u vozilima.....	21
4.5. Tehnologija korištena u inteligentnim sustavima informiranja vozača.....	22
5. ZNAČAJKE MULTIMODALNIH RUTNIH VODIČA.....	28
5.1. Usluge multimodalnih rutnih vodiča.....	29
5.2. Razvoj multimodalnih rutnih vodiča.....	30
5.3. Tehnološka platforma za uspostavu multimodalnih ITS usluga.....	31
5.4. Uspostava podatkovne i informacijske transparentnosti za kooperativne vodiče.....	32
5.5. Aplikativna izvedba multimodalnih rutnih vodiča.....	33
6. ANALIZA POSTOJEĆIH SUSTAVA MULTIMODALNIH RUTNIH VODIČA.....	38
6.1. Open source tehnologije.....	38
6.2. Aplikacije u primjeni.....	40
7. ZAKLJUČAK.....	46
POPIS LITERATURE.....	47
POPIS SLIKA.....	49

1. UVOD

Kako bismo mogli definirati rutne vodiče, potrebno je naglasiti da je to jedna od brojnih usluga ITS¹ tehnologija. Razvojem informacijskih i komunikacijskih tehnologija razvili su se brojni sustavi koji svojom integracijom poboljšavaju i unaprijeđuju prometni sustav. Danas, brojni uređaji svojim mjerenjima daju velik broj informacija vezane za stanje na cestama, zagušenja, vremenske uvjete, vrijeme dolaska vozila javnog prijevoza i druge informacije korištene za pružanje multimodalnih usluga. Cilj ovog završnog rada je opisati smjernice pri razvoju i tehnologijama korištenim u svrsi informiranja putnika i vozača. Naslov završnog rada je: **Multimodalni rutni vodiči.**

Rad je podijeljen u sedam cjelina:

1. Uvod
2. Održiva mobilnost
3. EU smjernice u području multi-modalnih usluga
4. ITS arhitektura predputnog i putnog informiranja
5. Značajke multi-modalnih rutnih vodiča
6. Analiza postojećih sustava multimodalnih rutnih vodiča
7. Zaključak

U drugom poglavlju obrađeni su razlozi zbog kojih su razvijatelji prometnih sustava bili prisiljeni razmišljati kako postojeće i buduće sustave učiniti održivim. Brojne inicijative i projekti provode se s namjerom utjecanja na ponašanje sudionika u prometu i razvoja inteligentnih prometnih sustava. Navedeni su neki od projekata, njihovi ciljevi i rezultati.

Treće poglavlje obuhvaća Europske regulative i smjernice za razvoj održive mobilnosti u gradovima koje sve više naglašavaju upotrebu multimodalnih putnih vodiča. Nabrojani su ciljevi i prioritetne mjere te je objašnjena važnost

¹ ITS – inteligentni transportni sustavi

usklađenoguvodenja i korištenja inteligentnih prometnih sustava u cestovnom prometu diljem Europe (i njihove povezanosti s drugim vrstama prometa).

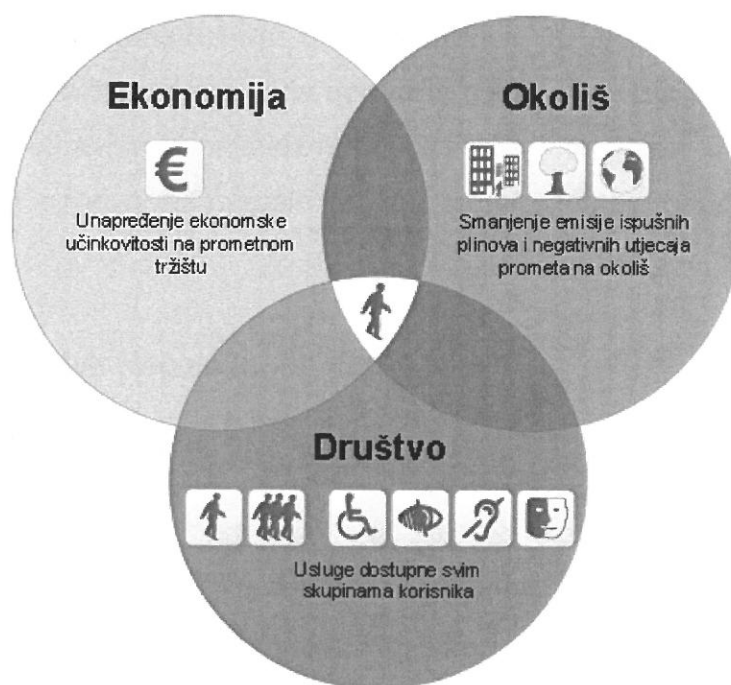
Četvrto poglavlje obuhvaća definiciju Europske ITS arhitekture predputnog i putnog informiranja. Nabrojani su podsustavi arhitekture ITS kooperativnih sustava, sustavi predputnog i putnog informiranja putnika i vozača. Objašnjena je i prikazana praktična primjena ovakvih sustava te su navedene neke od tehnologija korištenih u inteligentnim sustavima informiranja vozača

U petom poglavlju opisane su glavne značajke multi modalnih vodiča koje su prednosti takvih sustava te koji su razlozi i potrebe za razvojem. Nabrojane su usluge multimodalnih rutnih vodiča i navedene neke od aplikacija u primjeni. Nabrojane su tehnologije korištene za pružanje ovkvog tipa usluge, opisan je GTFS format kao standard za pružanje prometnih podataka te je naglašena važnost uspostave podatkovne i informacijske transparentnosti za kooperativne vodiče kao temelj za pružanja usluge multi modalnih rutnih vodiča.

U šestom poglavlju naglašena je važnost *open source* tehnologija kao platforme za pristup otvorenim bazama podataka i razvoj aplikacija. Navedene su neke od reprezentativnih aplikacija multi modalnih rutnih vodiča, njihove specifikacije, mogućnosti, značajke i ciljane skupine korisnika.

2. ODRŽIVA MOBILNOST

Urbane sredine globalno, a posebice europskog okruženja, suočavaju se s nizom izazova današnjice: ekonomskom krizom, klimatskim promjenama, ovisnosti transportnog sustava o fosilnim gorivima, te zdravstvenim rizicima prouzročenim, direktno ili indirektno, od transportnog sustava. Rastuća prijevozna potražnja producirana od niza činitelja nameće pred transportni sustav urbanih sredina sve zahtjevnija rješenja. Potreba za povećanjem mobilnosti i sukladno tome prijevozne potražnje, uz prostornu, energetska, ekološka i ekonomsku racionalnost, zahtjeva novi pristup u rješavanju urbanih transportnih problema svijeta [1].



Slika 1. Područja utjecaja povećanjem prometne potražnje
Izvor: [2]

Pristup rješavanju transportnih problema čiji su ciljevi uravnotežiti ekonomski razvoj, društvenu pravednost i kvalitetu okoliša (slika 1). Ekonomska održivost, smanjenje štetnih utjecaja na okoliš i dostupnost usluga svim skupinama korisnika zahtjeva strateško planiranje kako bi se moglo kvalitetno djelovati i odgovoriti na rastuće prometne zahtjeve.

Trenutno diljem svijeta ima gotovo 800 milijuna vozila, a ta brojka mogla bi se udvostručiti do 2030. To stalno otvara nove zahtjeve i nova pitanja - pitanja koja se odnose na zaštitu zdravlja i sigurnost, očuvanje energije i sirovina, zaštitu okoliša i kvalitetu života - a koja očajnički traže nova rješenja. U današnjem svijetu ljudi žele veću mobilnost, ali na kvalitetniji način. Istovremeno, povećanje populacije dovodi do povećanja troškova prijevoza.

Današnji uvjeti života zahtijevaju svakodnevnu prostorno vremensku distribuciju stanovništva, što producira prijevoznu potražnju. Porastom broja osobnih motornih vozila u gradovima pojavili su se učestali problemi prometne zagušenosti. Povećanu prometnu potražnju, pogotovo u vršnim periodima, moguće je riješiti strategijama upravljanja prijevoznom potražnjom.

Strategije upravljanja prijevoznom potražnjom imaju za cilj optimalno iskoristiti raspoloživu prometnu infrastrukturu urbane sredine, te racionalizirati i destimulirati putovanja osobnim automobilom kada upotreba osobnog vozila nije nužno potrebna. Stoga je pristup upravljanja prijevoznom potražnjom pretočen u Planove Održive Urbane Mobilnosti odgovor na narasle transportne probleme urbanih sredina [3].

2.1 Uspostava održive urbane mobilnosti

Izradom plana održive urbane mobilnosti pomoću mjera upravljanja prijevoznom potražnjom pridonosi se održivom razvitku gradova. Gradovi se međusobno razlikuju prema mnogobrojnim čimbenicima, kao što su primjerice; broj stanovnika, površina, sustavi javnoga gradskog prijevoza i drugi, ali zajednički problem su uglavnom prometna zagušenja i sigurnost prometa. Pažljivim odabirom mjera upravljanja prijevoznom potražnjom kroz integrativne pakete može se postići sinergijski učinak, te izraditi kvalitetan prometni plan.

Kombinacijom strategija koje imaju za cilj smanjiti uporabu osobnih automobila i strategija koje imaju za cilj povećati atraktivnost korištenja ostalih načina putovanja (javni gradski prijevoz i nemotorizirani promet), postiže se poboljšanje transportnog sustava u cjelini.

2.2. Opći ciljevi plana održive mobilnosti

Cilj Plana održive mobilnosti u gradovima je stvaranje održivoga transportnog sustava u gradovima pomoću:

- osiguravanja dostupnosti poslova i usluga svima
- poboljšanja sigurnosti i zaštite
- smanjenja zagađenja, emisije stakleničkih plinova i potrošnje energije
- povećanja učinkovitosti i ekonomičnosti u transportu osoba i roba
- povećanja atraktivnosti i kvalitete gradskog okoliša.

Ciljevi plana jasno definiraju glavne razloge i smjer djelovanja. Smanjenje prometnih nezgoda i nesreća, smanjenje zagušenja, smanjenje potrošnje i emisije fosilnih goriva, smanjenje buke, smanjenje prometnih troškova, razvoj ekonomski racionalnog, učinkovitog i sigurnog prometnog sustava predstavljaju neke od problema koji stvaraju potrebu za razvojem prometnih rješenja koja kvalitetno odgovaraju na rastuće i sve zahtjevnije prometne zahtjeve.

2.3. Politika i mjere za urbanu mobilnost

Politika i mjere utvrđene Planom održive mobilnosti u gradovima trebaju uključivati sve oblike i načine transporta u cijeloj gradskoj aglomeraciji kao što su javni i privatni, putnički i robni, motorizirani i nemotorizirani, pokretni i promet u mirovanju. Lokalne jedinice urbanih sredina trebaju percipirati činjenicu da se Plan održive urbane mobilnosti nadograđuje, proširuje na postojeće planove. Plan pruža učinkovitiji način rješavanja problema vezanih uz transport u gradskim područjima.

Nastavno na postojeću praksu i propise država članica, njegove osnovne karakteristike su sljedeće:

- jasna vizija, svrha i mjerljivi ciljevi
- održivost koja će uravnotežiti ekonomski razvoj, društvenu pravednost i kvalitetu okoliša

- integrirani pristup - koji uzima u obzir praksu i politike različitih sektora i razina uprave
- revizija transportnih troškova i koristi - uzimajući u obzir šire društvene troškove i koristi
- participacijski pristup - koji uključuje građane i sudionike od početka do kraja procesa planiranja

U akcijskom planu za urbanu mobilnost objavljenom 2009. godine, Europska komisija podržala je brže usvajanje planova održive mobilnosti u gradovima u Europi pomoću materijala sa smjernicama, promocijom razmjene najboljih primjera iz prakse, utvrđivanjem mjerila i podrškom obrazovnih aktivnosti za profesionalce u urbanoj mobilnosti.

Europski ministri prometa podržavaju razvoj planova održive mobilnosti u gradovima. U zaključku akcijskog plana za urbanu mobilnost od 24. lipnja 2010. stoji da Vijeće Europske unije „podržava razvoj planova održive urbane mobilnosti te potiče razvoj poticaja, poput profesionalne pomoći i razmjene informacija, za stvaranje takvih planova [3].

2.4. Uspostave održive mobilnosti u urbanim sredinama

Više od deset godina Inicijativa CIVITAS bavi se ambicioznim gradovima koji uvode ili ozbiljno razmatraju uvođenje strateških politika gradskog prometa kojima se promiče održiva gradska mobilnost. Cilj je ostvariti promjenu ponašanja i pristupu građana, projektanata, političara i poslovnih djelatnosti kako bi se postigli ekološki prihvatljiviji model i veća održivost u različitim načinima prijevoza. Inicijativa, koju sufinancira Europska unija, privukla je sudjelovanje više od 60 gradova zainteresiranih za sudjelovanje u projektima poput CIVITAS DYN@MO, CIVITAS 2MOVE2, CIVITAS ELAN i mnogih drugih. Cilj projekta CIVITAS 2MOVE2 (Moving Together for a Better Mobility) jest poboljšanje mobilnosti u gradovima poticanjem ili stvaranjem održivih, energetski učinkovitih urbanih sustava prijevoza [4]. Projekt CIVITAS DYN@MO najveći je i najzahtjevniji projekt u kojemu Grad Koprivnica

sudjeluje kao partner. Projekt je uključen u FP7 – 7². Program FP7-7 usmjeren je na razvoj najučinkovitijih mjera prometne održivosti na osnovi elektromobilnosti i planiranja održivog gradskog prometa, a odobren je u sklopu inicijative CIVITAS u ciklusu CIVITAS PLUS II (2012-2015). Projekt će se provoditi u četiri grada: Aachen, Palma de Mallorca, Gdynia i Koprivnica. Ukupna vrijednost projekta je oko 13,1 milijuna eura, s doprinosom Europske unije od 8,5 milijuna eura. Budžet Grada Koprivnice iznosi 920.000,00 eura, s doprinosom EU od 556.221,00 eura. Lokalni partneri Grada Koprivnice u projektu su gradska poduzeća Kampus d.o.o. i Komunalac d.o.o., Razvojna agencija sjever DAN, Čazmatrans Nova d.o.o. te HŽ infrastruktura [5]. Provođenje projekta u Koprivnici obuhvaća 6 mjera:

- Planiranje javnog prijevoza,
- Plan održivog gradskog prometa,
- Sveučilišni kampus nulte CO2 emisije,
- Javni prijevoz s niskom emisijom,
- Razvoj kurikulumu održivog prometa za koprivničko sveučilište i
- Program zajedničkog korištenja električnih gradskih automobila.

CIVITAS ELAN, član velike europske obitelji projekata CIVITAS, imao je za cilj poboljšanje kvalitete života građana uspostavom kvalitetnijih rješenja u gradskom prometu te promicanjem i poticanjem održivih, čistih i energetski učinkovitih načina odvijanja prometa. Provodio se u pet dinamičnih, većih i srednje velikih nacionalnih i regionalnih europskih centara jake kulturne tradicije (slika 3):

- Ljubljana, Slovenija
- Zagreb, Hrvatska
- Gent, Belgija
- Porto, Portugal
- Brno, Češka

² FP7 – 7 okvirni je program Europske unije kojim se financiraju znanstvena istraživanja i razvoj u funkciji konkurentnosti lokalnog gospodarstva na osnovi praktičnog korištenja najnovijih znanstvenih spoznaja.



Slika 3. Pet Europskih gradova u kojima se provodio projekt CIVITAS ELAN, [6]

Projekt je provodio konzorcij od 39 partnera - gradskih uprava, fakulteta, poduzeća za javni prijevoz, udruga, medija i dr., koje su odabrali gradovi te tri partnera koji su djelovali na koordinacijskoj razini. U projektu je bilo posebno naglašeno sudjelovanje građana u širokom rasponu od informiranja i podizanja razine svijesti, do senzibiliziranja javnosti na prometne probleme i aktivnog sudjelovanja pri donošenju odluka. Projekt je trajao četiri godine, od 15. rujna 2008. do 15. listopada 2012. godine, a njegov bi povoljni utjecaj trebao prekoračiti taj vremenski okvir. Projekt je obuhvaćao osam područja djelovanja:

- Alternativna goriva i energetske učinkovita vozila
- Zajedničke putničke usluge i integriranje različitih vrsta prijevoza
- Upravljanje mobilnošću prema specifičnim potrebama
- Djelovanje na ponašanje u prometu
- Zaštita, sigurnost i zdravlje
- Inovativne prometne usluge
- Distribucija tereta
- Prometna telematika.

CIVITAS ELAN iznosio nešto više od 29 milijuna Eura. Europska komisija sufinancirala gotovo 18 milijuna Eura, a ostatak su osigurali partneri iz pet europskih gradova [6]. Rezultati projekta CIVITAS ELAN su mnogobrojni. Zagreb, kao jedan od gradova koji je sudjelovao u projektu, broji niz pozitivnih rezultata uvođenjem raznih projekata. Projekti vezani za izradu raznih studija, priručnika, edukacije javnosti, implementacije raznih tehnologija i izgradnju infrastrukture. Sudjelovanjem u projektu sufinancirane su brojne inovativne komponente 70 niskopodnih tramvaja i 160 niskopodnih autobusa (100 biodizel + 60 plin). Također je sufinancirana i kupnja 52. novih vozila. Na autobusnim i tramvajskim stajalištima postavljeno je oko sto displeja koji putnicima pružaju *realtime* uslugu informiranja o dolasku slijedećeg tramvaja ili autobusa.

Otvoren je i novi komunikacijski centar ZET-a, koji omogućuje građanima brzu i relevantnu informaciju. Također, otvoren je i CIVITAS ELAN Info punkt u kojem su građani mogli dobiti informacije o projektu te ostaviti upite vezane uz promet u Zagrebu. Uz infopunkt osiguran je 51. broj CIVITAS info servisa. U sklopu projekta održane su razne radionice i promocije s ciljem edukacije i informiranja građana. Održane su promocije nove tarifne sheme naplate (novi elektronički tarifni sistem), radionice s vozačima o korištenju novih sustava nadzora, radionice sa starijim osobama u domovima za starije i nemoćne. Odrađen je i ciklus razgovora o prometu u pojedinim kvartovima, organizirani susreti s građanima, predstavnicima gradskih četvrti i mjesnih odobra te sudjelovanja na Europskom tjednu mobilnosti (2009., 2010., 2011., 2012.), Europskom tjednu zdravlja (2010.) i Zagrebačkom energetsom tjednu (2010.).

Održane su 22. prezentacije tema vezanih za promet na ciklusu prezentacija „Srijeda u tramvaju“. Organizirane su brojne izložbe, preuređena su stara tramvajska kola ispred tehničkog muzeja u Savskoj ulici (prosječne dnevne posjećenosti od 40 do 80 posjetitelja). Jedan od rezultata također je bila i promocija bicikla kao prijevoznog sredstva u svrsi poboljšanja kvalitete života te smanjenja zagađenja okoliša. Na tu temu predstavljen je i STUDOCIKL – pilot projekt prvog javnog biciklističkog sustava za studente.

U sklopu projekta izrađeni su razni idejni projekti, studije i priručnici. Izrađen je priručnik "Kako organizirati savjetovanje s javnošću o pitanjima prometa i kretanja". Izrađena je studije o mogućoj naplati zagušenja u središtu Zagreba i studija uređenja šireg prostora željezničke stanice Remetinec. Javnosti je predstavljen idejni projekt intermodalnog putničkog terminala Sava – sjever.

Rezultati CIVITAS ELAN projekta provođenog u 5. gradova, od kojih je jedan Zagreb utjecali su na razvoj infrastrukture, izradu brojnih studija, održavanje brojnih radionica i predavanja s ciljem edukacije i informiranja građana, a sve u svrzi utecanja na svijest građana kako bismo se okrenuli održivim i ekološki prihvatljivijim sustavima i tehnologijama s ciljem povećanja sigurnosti, poboljšanjem kvalitete života i očuvanjem okoliša za slijedeće generacije.

3. EU SMJERNICE U PODRUČJU MULTIMODALNIH USLUGA

Inteligentni transportni sustavi postali su nezaobilazni element pri bilo kakvom planiranju prometnih i transportnih usluga. Razvijenije europske države već godinama primjenjuju mnoge ITS koncepte te na taj način povećavaju sigurnost prometa, skraćuju vremena putovanja, smanjuju troškove, smanjuju ekološka onečišćenja. Potaknuti svim pozitivnim stvarima koje primjena takvih sustava donosi europski parlament donosi direktivu 2010/40/EU o okviru za uvođenje inteligentnih prometnih sustava u cestovnom prometu i za veze s ostalim vrstama prijevoza.

Europska regulativa i smjernice za razvoj održive mobilnosti u gradovima sve više više naglašavaju upotrebu multimodalnih putnih vodiča. Sama regulativa stupila na snagu u kolovozu 2010., nakon brzog zakonodavnog postupka u okviru kojeg su suzakonodavci pokazali spremnost da u tom novom političkom području žele postići brz napredak. Cilj je direktive o ITS-ovima ubrzati usklađeno uvođenje i korištenje inteligentnih prometnih sustava u cestovnom prometu diljem Europe (i njihove povezanosti s drugim vrstama prometa). Direktivom je utvrđeno šest prioriternih mjera:

1. pružanje usluga multimodalnih putnih informacija u cijeloj Europskoj uniji
2. pružanje usluga prometnih informacija u cijeloj Europskoj uniji u realnom vremenu
3. podaci i postupak za pružanje korisnicima, gdje je to moguće, besplatnih osnovnih općih prometnih informacija u vezi s cestovnom sigurnosti
4. usklađeno osiguravanje interoperabilnog sustava eCall³ u cijeloj Europskoj uniji
5. pružanje usluga informiranja o sigurnim i zaštićenim parkirališnim mjestima za kamione i gospodarska vozila
6. pružanje usluga rezervacije sigurnih i zaštićenih parkirališnih mjesta za kamione i gospodarska vozila.

³ Glavna funkcija eCall sustava je autonomno detektiranje incidentne situacije te pozivanje najbliže točke za preuzimanje poziva, tzv. PSAP-a (Public Safety Answering Point) u slučaju ozbiljnih incidentnih situacija.

Specifikacije za prioritetnu mjeru pružanja usluga multimodalnih putnih informacija u cijeloj Europskoj uniji uključuju definiranje zahtjeva potrebnih kako bi se korisnicima ITS-a osigurala točnost i prekogranična raspoloživost usluga multimodalnih putnih informacija u cijeloj Europskoj uniji, na temelju:

- raspoloživosti i dostupnosti u realnom vremenu pružateljima usluga ITS-a postojećih i točnih cestovnih i prometnih podataka koji se koriste za multimodalne putne informacije, ne dovodeći u pitanje ograničenja u vezi sa sigurnosti i upravljanjem prometom,
- olakšavanja prekogranične elektroničke razmjene podataka između nadležnih državnih tijela i dionika i odgovarajućih pružatelja usluga ITS-a,
- pravovremenog ažuriranja, od strane nadležnih državnih tijela i dionika, raspoloživih cestovnih i prometnih podataka koji se koriste za multimodalne putne informacije,
- pravovremenog ažuriranja multimodalnih putnih informacija od strane pružatelja usluga ITS-a.

Specifikacije za druge mjere uključuju definiranje mjera potrebnih za razvoj okvirne arhitekture ITS-a za Europsku uniju, koje se izričito tiču interoperabilnosti, kontinuiteta usluga i multimodalnosti u području ITS-a, uključujući, na primjer, multimodalan interoperabilan sustav za izdavanje karata, unutar koje države članice i njihova nadležna tijela u suradnji s privatnim sektorom mogu razvijati svoje vlastite arhitekture ITS-a za mobilnost na nacionalnoj, regionalnoj i lokalnoj razini.

U okviru pripreme rada na specifikacijama u pogledu prioritetne mjere (1) o uslugama multimodalnih putnih informacija u cijeloj Europskoj uniji pokrenuto je već nekoliko inicijativa (prvi natječaj Smart Mobility Challenge¹⁶, studije, radionice i javna savjetovanja). Cilj je donijeti te specifikacije u 2015. Paralelno s tim Komisija je pokrenula raspravu o mogućoj inicijativi o pristupu multimodalnim podacima o prometu kako bi se riješilo na koji način podatke o prometu, za sve vrste prijevoza i usluge mobilnosti, učiniti dostupnima. Ta su razmišljanja u prvoj fazi u lipnju 2014. rezultirala Radnim dokumentom službi Komisije „Plan za pružanje usluga multimodalnih putnih informacija, planiranja i izdavanja karata u cijelom EUu 19” [7].

4. ITS ARHITEKTURA PREDPUTNOG I PUTNOG INFORMIRANJA

Arhitektura predstavlja temeljnu organizaciju sustava koja sadrži ključne komponente, njihove odnose i veze prema okolini te načela njihovog dizajniranja i razvoja promatrajući cijeli životni ciklus sustava. Veliki sustavi, od kojih se zahtjeva mogućnost budućeg razvoja i proširenja, trebaju imati slijedeće temeljne karakteristike: kompatibilnost, proširivost, interoperabilnost, integrativnost i normiranost. Bez definiranja arhitekture dolazi do poteškoća pri integraciji komponenata, troškovi nadogradnje su viši, a otežana je i prilagodba novim tehnologijama. ITS arhitektura daje opći predložak (General Framework) prema kojemu se planiraju, dizajniraju i postavljaju integrirani sustavi prometa i transporta u određenom prostorno vremenskom obuhvatu. Na ovaj način omogućeno je planiranje razvoja ITS-a na logičan način [8].

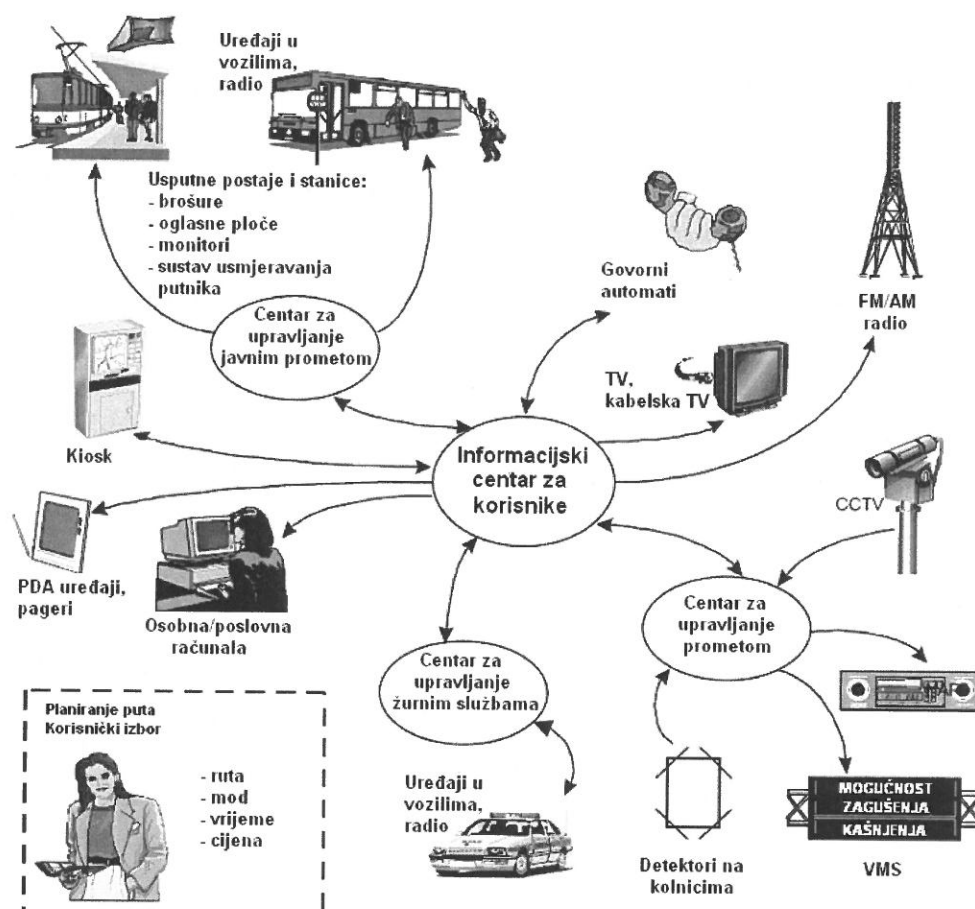
Europska ITS arhitektura, često poznata kao FRAME⁴ arhitektura stvorena je iz razloga da pruži minimalni i stabilni framework potreban za razvoj integriranih i interoperabilnih ITS sustava unutar područja Europske unije [9].

Frame arhitektura predstavlja top level zahtjeve i funkcionalnosti za gotovo sve ITS aplikacije i usluge koje se smatra potrebnima za implementacijom na području Europske unije. FRAME arhitektura stvorena je na način da ju, kao referencu, mogu koristiti svi ITS arhitekti i zamišljena je da bude osnova za izgradnju drugih tipova arhitektura koje će biti potrebne. FRAME arhitektura na određen način osigurava usklađenost različitih sučelja i brojnih usluga pružanih putnicima [10].

Kako se sve više javlja potreba za brzim i pouzdanim transportom korisnici zahtjevaju određene sustave koji bi im uvelike olakšali snalaženje i informiranje prilikom putovanja. Upravo zbog takvih razloga dolazi do stvaranja naprednih sustava informiranja putnika i vozača pomoću kojih korisnici mogu dobiti kvalitetne i ažurne podatke koji će im omogućiti donošenje bolje odluke prije ili za vrijeme putovanja, skratiti vrijeme putovanja, smanjiti troškove, potrošnju goriva... Ovakvi inteligentni sustavi dijele se na sustave za predputno informiranje i sustave za putno informiranje putnika i vozača [11].

⁴ FRAME – the **F**Ramework **A**rchitecture **M**ade for **E**urope

ITS arhitektura temeljena na kooperativnim tehnologijama objedinjuje brojne sustave koji međusobnom komunikacijom primaju, analiziraju, obrađuju i korisnicima prosljeđuju informacije dobivene od raznih senzora, tehnologija i servisa kao što je prikazano na slici 4.



Slika 4. Operativni koncept sustava informiranja putnika i vozača, [12]

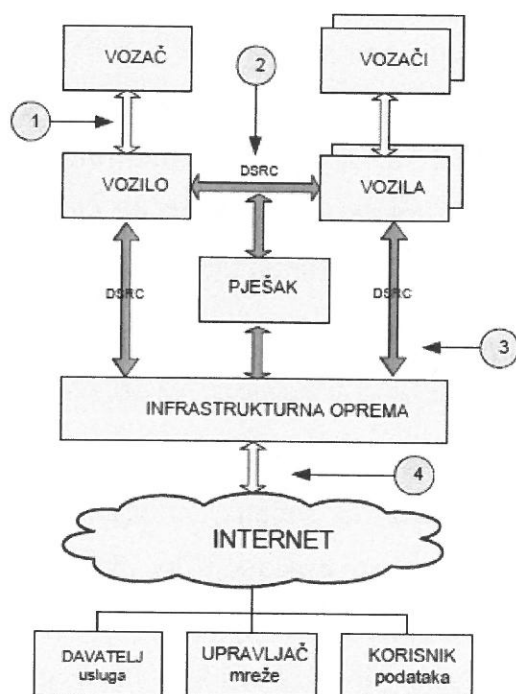
Brojna informacijska čvorišta poput centra za upravljanje prometom, centra za upravljanje žurnim službama, centra za upravljanje javnim prometom i drugi, šalju niz informacija, prikupljenih iz sustava, u središnji informacijski centar koji podatke obrađuje i prosljeđuje. Prikupljanje informacija odvija se na razne načine poput, snimanjem kamera, detektora, brojača prometa, vozila opremljena raznim senzorima, govornih automata i niza drugih tehnologija. Na taj način sudionici u prometu, ali i oni koji se tek spremaju na putovanje, dobivaju korisne *realtime* informacije na temelju kojih mogu isplanirati ili promijeniti zamišljenu rutu, pritom štedeći novac, vrijeme i okoliš [13].

4.1. Arhitektura kooperativnih inteligentnih transportnih sustava

Sa funkcionalnog gledišta, kooperativni ITS sustav sastoji se od četiri podsustava. Ti podsustavi su:

- Osobni (personalni) ITS sustav ili osobna ITS stanica koja je najčešće izvedena kao ručni uređaj
- Centralni ITS podsustav koji je obično dio nekog većeg ITS sustava
- ITS podsustav u vozilu, primjerice osobnom, teretnom koje je u pokretu ili je parkirano
- Cestovni ITS podsustav u tunelima, mostovima, djelovima prometnice, portalima i slično [14].

Jasno definirana arhitektura kooperativnih sustava predstavlja platformu za daljnje razvijanje ITS usluga. Inteligentni transportni sustavi predstavljaju prirodno okruženje za razvoj kooperativnog pristupa u prometu i transportu. Koncept kooperativnih sustava temelji se na komunikaciji i interoperabilnosti svih elemenata sustava, kao što je prikazano na slici 5.



Slika 5. Temeljni koncept kooperativnih sustava, [15]

Koopertivni sustavi jedna su od ključnih komponenti za razvoj multimodalnih usluga. Rezultat takvih usluga predstavlja velik broj informacija koje se analiziraju, obrađuju i prosljeđuju raznim servisima i *providerima*. Vozila putem raznih senzora prikupljaju informacije iz okruženja i putem DSRC⁵ protokola komuniciraju s infrastrukturom, ali i drugim vozilima upozoravajući vozače na eventualni problem u prometnoj mreži (sudar, radovi na prometnici, zagušenje, i dr.). Podaci se putem interneta šalju raznim centrima za upravljanje mrežom i za pružanje usluga koji obrađene informacije vraćaju u sustav i prosljeđuju svim sudionicima u prometu (vozači, pješaci, itd...). Na taj način kooperativni sustavi osiguravaju platformu za pružanje *realtime* informacija korištenih, između ostalog, za putno i predputno informiranje.

4.2. Značajke kooperativnih inteligentnih transportnih sustava

Tehnološki razvoj informacijskih i komunikacijskih tehnologija značajno je utjecao na razvoj inteligentnih transportnih sustava u područjima kao što je sigurnost, smanjenje utjecaja na okoliš, upravljanja prometom te povećanja različitih učinkovitosti i sl. U kooperativnom ITS (C-ITES) okruženju, vozila međusobno i sa cestovnom infrastrukturom izmjenjuju informacije te na taj način u značajnoj mjeri povećavaju kvalitetu i pouzdanost informacija koje su dostupne o vozilima, njihovom položaju te okolišnim i prometnim uvjetima u kojima se nalaze. Također, kooperativno okruženje, dobra je podloga za razvoj cijelog spektra ITS aplikacija, koje se temelje na optimalnom korištenju podataka.

Ovakav koncept značajno povećava kvalitetu i pouzdanost informacija o prometnim tokovima, pojedinačnim vozilima te uvjetima okoliša koji utječu na odvijanje prometa i obavljanje transporta. U području kooperativnih multimodalnih putnih vodiča inteligentni transportni sustavi su platforma za stvarno-vremensko prikupljanje statičkih i dinamičkih informacija o prometnoj mreži, putno i predputno informiranje te podrška službama koje obavljaju prikupljanje, pohranjivanje i upravljanje informacijama za planiranje transportnih aktivnosti.

⁵ Pristupna CEN DSRC 5.8 GHz tehnologija ubraja se u sustave kratkog dometa. Taj radio sustav prikladan je za sakupljanje informacija o lokalnim uvjetima oko bazne stanice od vozila u prolazu

Multimodalni rutni vodiči predstavljaju integraciju navedenih usluga te kao takvi danas čine ključnu komponentu implementacije ITS-a u gradovima. Oni pružaju opsežan spektar relevantnih informacija koje će pomoći korisniku pri planiranju putovanja „od vrata od vrata“.

4.3. Sustav predputnog informiranja putnika i vozača

Usluga sustava predputnog informiranja prva je u funkcionalnom području informiranja putnika. Svrha ovakvog sustava jest pružiti korisnicima kvalitetne i ažurne podatke (informacije) koje će omogućiti donošenje bolje odluke (način putovanja, mod⁶, rutu, vrijeme polaska, itd.) prije početka putovanja. Ova usluga preuzima podatke od raznih transportnih modova, oblikuje informaciju i prosljeđuje ju krajnim korisnicima koristeći komunikacijske tehnologije. Predputno informiranje, ako je pravovremeno, precizno i pouzdano, može pomoći putnicima u izboru moda i vremena prijevoza, rute te čak odgoditi putovanje u slučaju da su dobili pouzdanu informaciju o lošem vremenu, zatvorenoj prometnici i sl. Sustav predputnog informiranja omogućuje korisnicima pristup multimodalnim, transportnim informacijama kod kuće, na poslu te drugim lokacijama. Informacije koje pruža ovaj sustav su informacije o:

- tranzitnim rutama
- rasporedima vožnje
- multimodalnim vezama sa ostalim oblicima prometa
- specijalnim događajima
- predviđenim zagušenjima i brzinama vožnje na pojedinim rutama
- vremenskim uvjetima
- real-time informacijama o incidentima (nezgodama, nesrećama, radovima i sl.)
- dostupnim parkirališnim mjestima i cijenama

Cilj ove usluge je da korisnici prilikom izbora vremena i moda putovanja imaju pristup *realtime* informacijama na temelju kojih donose navedene odluke.

⁶ Mod – način prijevoza (cestovni, željeznički,...)

Usluga predputnog informiranja realizira se putem različitih informatičkih i telekomunikacijskih tehnologija. Središnja baza podataka sadrži statičke i dinamičke informacije, gdje se statički podaci ažuriraju primjerice na mjesečnoj ili godišnjoj osnovi, a dinamički podaci u stvarnom vremenu (ovisno o veličini promatranih parametara). Predputne informacije mogu biti dostupne korisniku putem različitih medija, tj. telekomunikacijskih terminalnih uređaja kao: fiksni telefoni, telefaks, radio i televizija, računala s pristupom internetu, mobilni aparati i osobni digitalni pomoćnici (PDA) te javni interaktivni (elektronički) kiosk.

4.4. Sustav putnog informiranja vozača

Usluga sustava za putno informiranje vozača jedna je od skupine usluga putnih informacija koja se realizira kao relativno samostalni sustav ili integrirano s drugim informacijskim uslugama. Svrha usluge putnog informiranja je pružiti kvalitetnu informaciju vozaču i putnicima o prometnim uvjetima nakon što je putovanje počelo. Uz pomoć tih informacija, vozač ili putnik u vozilu može donijeti bolje odluke o ruti ili promjeni moda prijevoza tko da ostavi osobni automobil na parkiralištu i nastavi javnim prijevozom. Osim tih informacija važna uloga putnog informacijskog sustava je informiranje o prometnim nezgodama, jer s informacijom o nesreći vozači mogu izbjeći situacije opasne po život odabirom druge rute ili pravovremenim usporavanjem (npr. na autocesti).

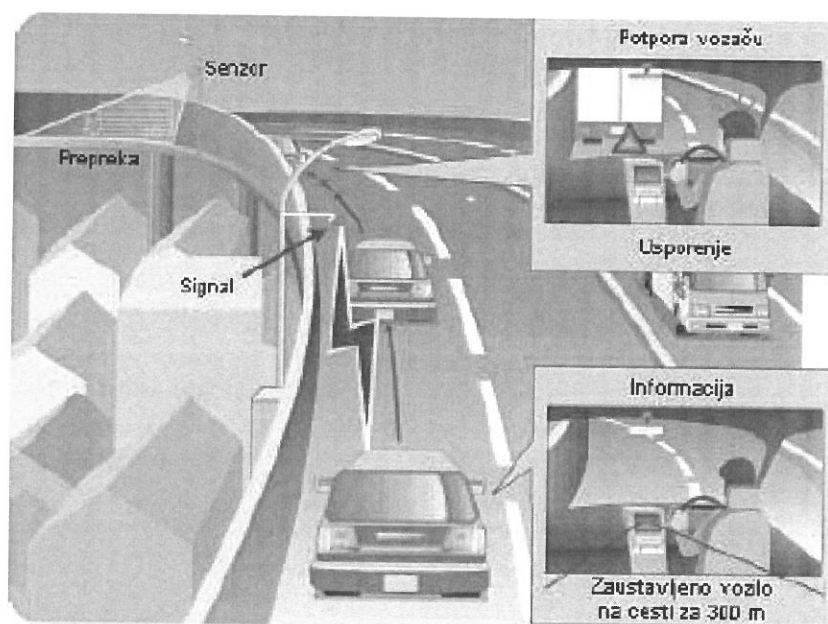


Slika 6. Prometni centar prikuplja i obrađuje real-time prometne informacije, [16]

Ključnu ulogu imaju i prometni centri (slika 6) koji prikupljaju informacije iz sustava, obrađuju ih te korisnicima pružaju relevantne *realtime* informacije na temelju kojih vozači i ostali sudionici u prometu mogu pravovremeno reagirati. Putne informacije najčešće sadrže podatke o uvjetima na prometnicama, nezgodama i nesrećama na cesti, raspoloživim parkirnim mjestima i drugim podacima kojima se pridonosi balansiranju prometne potražnje, inteligentnijem kanaliziranju i upravljanju prometom i boljem iskorištenju kapaciteta mreže. U uslugu putnog informiranja vozača uključene su dvije podusluge: savjet vozaču (Driver Advisory) i informiranje u vozilima (In-vehicle signing) [12].

4.4.1. Savjet vozaču (Driver Advisory)

Korisnicima se u stvarnom vremenu pružaju informacije o prometu, tranzitu, uvjetima na prometnicama i vremenskim uvjetima. Ova podusluga se vozačima pruža preko transportnih organizacija koje upravljaju prometnom infrastrukturom (npr. promjenjivim elektroničkim znakovima) i koje pružaju informacije preko radijskih postaja (RDS) [12].



Slika 7. Primjer informiranja vozača o incidentu na prometnici, [17]

Primjer prikazan na slici 7. predstavlja rezultat komunikacije brojnih sustava s ciljem informiranja vozača o incidentu na prometnici. Sustav na temelju udaljenosti od incidenta vozačima pruža odgovarajuće informacije. Infrastruktura putem senzora detektira incidentnu situaciju i podatak šalje prvom nadolazećem vozilu, koje raznim tehnologijama, poput heads-up displaya i drugih, vozača upozorava da smanji brzinu te na taj način izbjegne sudar. Informacija o prepreci na prometnici prosljeđuje se i ostalim vozilima putem RDS-a, TMS-a, i drugih sustava informiranja. Primjenom takvih tehnologija i pružanjem pravovremenih informacija utječe se na ponašanje vozača čime znatno smanjujemo mogućnost incidentne situacije u prometu. Sve veća potreba za primjenom ovakvih tehnologija, koje vozače upozoravaju o raznim prometnim situacijama i uvjetima, potiče razvoj sustava kojima se povećava sigurnost prometa, čuvaju životi, šteti imovina, novac i smanjuje štetan utjecaj na okoliš [18].

4.4.2. Informiranje u vozilima

Korisnicima se u vozila šalju informacije o prometnoj signalizaciji na cestovnoj dionici na kojoj se nalaze, te o specijalnim događajima kao što su opasnosti na cesti, radovi u tijeku i sl. Postoji više načina informiranja vozača od kojih su neke aplikacije nešto zahtjevnije za implementiranje, te su zbog tog razloga rijetko integrirane u usluge putnog informiranja vozača. Čest primjer informiranja vozača jest putem radio uređaja.

Danas brojne radio stanice koriste informacije prikupljene od ostalih sudionika u prometu koji u namjeri da se pomogne drugima zovu besplatne telefonske brojeve otvorene od radio postaja te savjetuju i upozoravaju druge vozače na eventualna zagušenja, sudare, radove i drugo. Jedno od zanimljivijih rješenja informiranja jest heads-up display unutar vozila (slika 8).



Slika 8. Heads-up display u vozilu, [19]

Informacije se prikazuju na vjetrobranskom staklu vozila preko kojih vozač dobiva informacije o trenutnoj brzini kretanja, maksimalnoj dopuštenoj brzini kretanja te prisutnosti i blizini vozila ispred. Ovakvi sustavi informiranja mogu upozoriti vozača na razne prepreke na prometnici u uvjetima smanjene vidljivosti često i prije nego što ih sam vozač detektira te uvelike smanjiti mogućnost sudara ili izlijetanja s prometnice.

4.5. Tehnologija korištena u inteligentnim sustavima informiranja vozača

U današnje doba postoji puno situacija gdje se ovakvi sustavi informiranja mogu primjeniti i biti od velike koristi za korisnike. Zbog velike rasprostranjenosti tehnologije moguće je dobiti pouzdane informacije na svakom koraku i u svakoj situaciji. Kako bi sustavi ostali prihvatljivi za korisnika i nakon dužeg vremenskog perioda, potrebno je imati mogućnost nadogradnje postojećeg sustava kako bi se modernizirao. Osim tehnologije potrebno je imati i prometno-informacijske centre gdje bi se informacije prikupljale, ispitivala njihova vjerodostojnost i proslijeđivale korisnicima koristeći bilo koju od dostupnih tehnologija. Jedni od ključnih dijelova sustava su prijemnici, ali i posebna infrastruktura kao što su nosači ako se koriste promjenjivi elektronički znakovi ili radio odašiljačke stanice pri RDS prijenosu informacija. Neke od dominantnih tehnologija kojima su realizirani postojeći sustavi putnog informiranja vozača i putnika u Europi su:

- **VMS** (Variable-Message Sign) – promijenjivi elektronički znakovi upotrebljavani na autocestama (slika 9). Ovakvi znakovi znaju biti izvedeni tako da imaju unaprijed određene fiksne poruke ili mogu biti znakovi s mogućnošću prikazivanja bilo koje zadane poruke, tj. slike. Upotrebom promjenjivih elektroničkih znakova ostvaruje se mogućnost direktne promjene sadržaja znakova iz prometno-informacijskog centra te real-time informiranje sudionika u prometu [20].

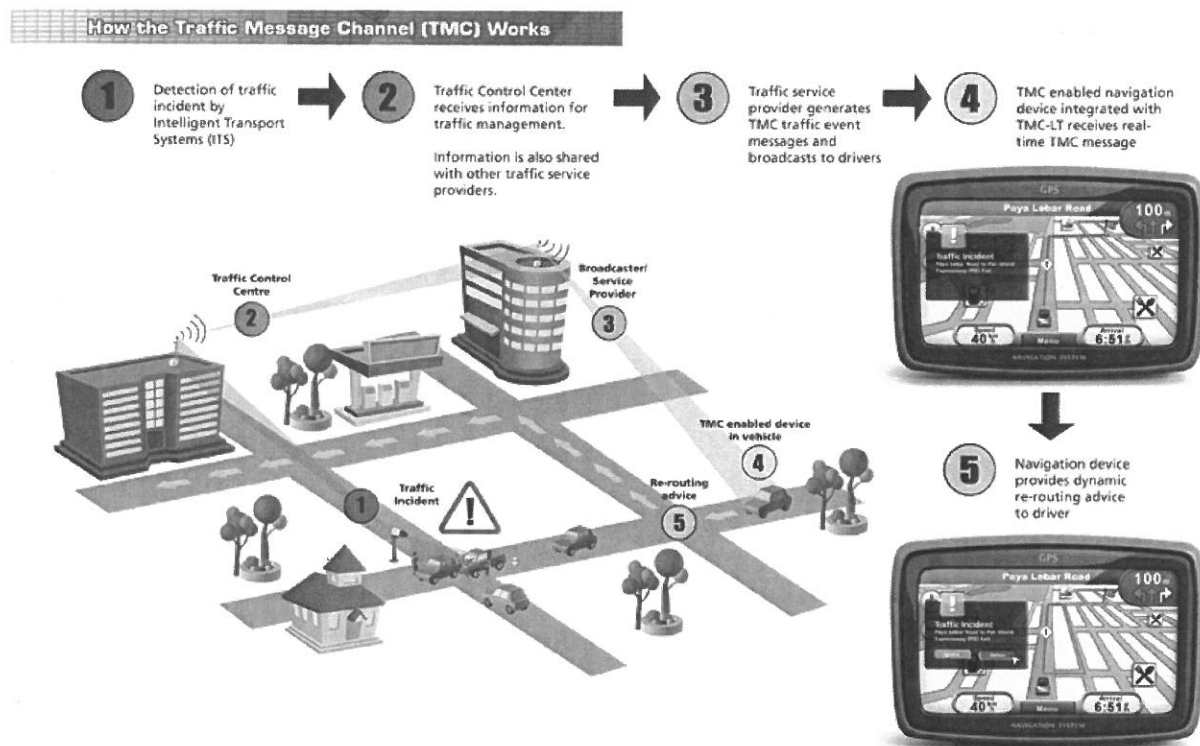


Slika 9. Primjer VMS-a na autocesti u Republici Hrvatskoj koji daje informacije o meteorološkim uvjetima i ograničenju brzine ovisnom o uvjetima, [20]

- **RDS** (Radio Data System) – komunikacijski protokol koji je standard za ugrađivanje digitalnih podataka malih veličina u konvencionalnom FM⁷ radio emitiranju. RDS protokol može biti korišten za emitiranje korisnih informacija za vozače koji se već nalaze na cesti i nemaju kako informirati se o stanju na pojedinim dionicama njihove rute. Ovaj način emitiranja prometnih informacija je možda i važniji od TMC-a jer više korisnika prati emitiranje običnih radio postaja [21].
- **TMC** (Traffic Message Channel) – tehnologija za dostavljanje prometnih i putničkih informacija vozačima i putnicima koja je bazirana na konvencionalnom FM-RDS-u. Početkom korištenja posebnog kanala koji se koristi za emitiranje samo prometnih informacija otišlo se korak dalje u stvaranju posebne prometne infrastrukture za informiranje sudionika prometa.

⁷ FM - Frekvencijska modulacija (skraćeno FM) postupak je modulacije kod koje se informacija prenosi promjenom frekvencije prijenosnog signala

Važno je napomenuti kako je prije emitiranja prometnih informacija potrebno odraditi prikupljanje bitnih informacija sa terena, potom ih prikupiti i prilagoditi za emitiranje. Nakon što prometni informacijski centri skupe informacije, one se prilagođavaju za emitiranje i šalju do radio odašiljača koji emitira informacije do prijamnika (korisnika). Slika 10. predstavlja grafički prikaz toka informacije, senzorima i kamerama detektirane incidentne situacije.



Slika 10. Prikaz pružanja informacije o incidentu korištenjem TMC tehnologije, [22]

Slika 10. prikazuje kako se informacija o incidentnoj situaciji prosljeđuje centru koji prikupljene informacije obrađuje i šalje prema drugim sustavima i servisima. U ovom slučaju informacija se šalje poslužiteljima radio usluga koji dobivene prometne informacije emitiraju u eter, čineći ih dostupnima svim vozilima s radio prijnikom. Na taj način vozači u realnom vremenu dobivaju informaciju o incidentu te sukladno tome mijenjaju svoju rutu ne bi li izbjegli zastoje na prometnici.

- **GSM** (Global System for Mobile Communications) – standard za drugu generaciju digitalnih mobilnih mreža koji se također može iskoristiti za informiranje putnika i vozača. Vlasnici mobilnih telefona mogu na zahtjev u bilo koje doba dobiti informaciju u stanju u prometu. Posrednik je opet prometni informacijski centar koji raspolaže željenim informacijama. Ovakav sustav informiranja putem SMS poruke je veoma rasprostranjen.
- **GPRS** (General Packet Radio Service) – paketno orijentirana mobilna usluga za prijenos podataka za drugu i treću generaciju digitalnih mobilnih mreža. Ovaj način je sličan GSM principu samo što korisnik ima dodatnu mogućnost prijenosa većih količina paketa. GPRS omogućuje primjenu raznih mobilnih aplikacija putem kojih se korisnik može informirati o stanju na cestama u stvarnom vremenu. Pomoću GPRS-a aplikacije na zahtjev prikupljaju informacije koje onda grafički prikazuju korisniku.
- **PDA** (Personal Digital Assistant) – osobni digitalni pomoćnik koji je spojen na mobilnu mrežu i ima mogućnost preuzimanja svih raspoloživih informacija koje su korisne vozaču ili putniku. PDA uređaji se upotrebljavali su se svuda gdje mogu korisniku olakšati svakodnevne poslove ili procese, iako danas postoje i *smartphone* uređaji koji su otišli korak dalje kao telefonski uređaji. Prednost *smartphonea* je u tome što njihove platforme imaju veće mogućnosti od PDA uređaja, jer olakšavaju razvoj aplikacija i korisniku omogućuju bolje iskustvo pri radu, a sadrže sve funkcije kao PDA, ali i obični mobilni uređaj. U slučaju da ovakvi uređaji imaju odgovarajuće aplikacije i sklopove služili su i kao zamjena za GPS navigaciju, a ne samo za prikupljanje prometnih informacija [23]. Iako su PDA uređaji danas tehnologija koja polako pada u zaborav, njihov utjecaj na razvoj ovakvih sustava bio je izrazito velik te kao preteča *smartphone* uređajima predstavljaju začetnike naprednih sustava informiranja vozača i putnika.
- **SMARTPHONE** – pametni telefoni navedeni su kao jedna od tehnologija korištena u inteligentnim sustavima informiranja vozača, iako njihovo područje primjene obuhvaća mnogo više. Pametni telefoni značajno su utjecali na živote i ponašanje ljudi. Također izrazito utječu na prometnu i ITS industriju.

Korištenjem pametnih telefona moguće je unaprijediti kvalitetu i smanjiti troškove postojećih ITS usluga. Usluga poput informiranja vozača, predputnog informiranja, navigacija u vozilima, navigacija za pješake,...

Pametni telefoni su mobilni uređaji sa operacijskim sustavom, puno većih računalnih mogućnosti nego klasični mobilni uređaji. Prva generacija pametnih telefona dodala je sve mogućnosti osobnog digitalnog pomoćnika (PDA) klasičnim mobilnim telefonima. Novije generacije dodaju funkcionalnosti poput prenosivih media-playera, low-end digitalnih kamera i GPS navigacijskog modula. Danas, pametni telefoni posjeduju touch-zaslone visoke rezolucije, web preglednike i brojne aplikacije koje pomoću Wi-Fi i mobilne internet mreže korisniku omogućavaju pristup i obradu real-time podataka.



Slika 11. Primjer GPS navigacije na zaslonu pametnog telefona, [24]

Smartphone, kao *all-in-one* uređaj sve češće postaje prvim izborom vozača, pješaka i putnika. Na slici 11. prikazan je primjer Garmin streetPilot onDemand gps aplikacije. Aplikacija je namjenjena pješacima i vozačima te osim klasičnih informacija o geolokaciji uređaja, pruža dodatne informacije o brzini kretanja, prometnim ograničenjima, izračunom vremena dolaska na odredište i druge. Dinamičkim mjenjanjem zapisa trenutne ulice, prikazom realtime pozicije na 2D i 3D virtualnoj karti s naznačenim smjerovima kretanja te glasovnim vodičem smartphone uređaji i aplikacije postaju sve praktičnijom i sve više

nezamijenjivom komponentom vozila. Danas na tržištu postoji niz GPS smartphone aplikacija (Mireo, Garmin, Tom Tom, coPilot, GoogleMaps,...) namijenjenih pješacima i vozačima koje u stalnoj vezi sa internetom pružaju odgovore na korisničke zahtjeve poput pronalaženja najoptimalnije rute ovisne o nizu uvedenih parametara (mod prijevoza, izbjegavanje prometnica sa naplatom, itd.), prijedloga alternativnih ruta, oznaka raznih točaka interesa, glasovne navigacije i drugih usluga koje korisnicima osiguravaju platformu za kvalitetnije planiranje i korištenje prometni mreže, štedeći vrijeme, novac i okoliš.



Slika 12. Smartphone kao zamjena za klasične GPS navigacije u vozilu, [25]

Razvojem brojnih GPS aplikacija, smartphone uređaji korisnicima često postaju prvi izbor GPS navigacije u vozilu (slika 12), sve više potiskujući donedavno najkorištenije klasične GPS navigacijske uređaje.

5. ZNAČAJKE MULTIMODALNIH RUTNIH VODIČA

Razvojem naprednih informacijskih i komunikacijskih tehnologija informacija postaje sve lakše i brže dostupna korisnicima. Razvojem takvih tehnologija počelo je i razvijanje brojnih sustava pod nazivom „Inteligentni“. Cilj tih inteligentnih sustava je ubrzati i pojednostavniti procese smanjujući pritom troškove, onečišćenja itd. Promet je jedna od grana znanosti koja je impementacijom takve vrste tehnologije u prometne sustave došlo je do otkrića i razvoja brojnih usluga koje su našle svoje mjesto pod krovom tzv. Inteligentnih prometnih sustava [26].

Jedna od takvih usluga inteligentnih transportnih sustava su i kooperativni multimodalni putni vodiči. Oni korisnicima omogućavaju izbor različitih modova prijevoza tijekom jednog putovanja, prema trenutnom stanju u prometnoj mreži te vlastitim željama. Mogućnosti takvih rutnih vodiča korisniku daju jasne i precizne upute od mjesta na kojem se on trenutno nalazi do njegovog odredišta. Takve upute mogu sadržavati vremena pješačenja do autobusne stanice, vrijeme dolaska autobusa, broj autobusnih stanica i vrijeme putovanja do stanice vlaka, vrijeme dolaska vlaka, vrijeme trajanja putovanja vlakom itd. Multimodalni rutni vodiči predstavljaju usluge zasnovane na kooperativnoj komunikaciji u prometnom sustavu.

Glavno pitanje na koje korisnicima odgovaraju je „Kako doći od mjesta A do mjesta B u određenom vremenu polaska/dolaska i pod kojim uvjetima?“. Osnovna zadaća sustava je da prije svega osigura točne i ažurne informacije o polascima i dolascima svih dostupnih prijevoznih sredstava poput tramvaja, autobusa, metro-a i sl., te eventualnim incidentnim situacijama, stanju na cestama, mogućnost kupnje karata, broj slobodnih parkirnih mjesta, itd [27].

5.1. Usluge multimodalnih rutnih vodiča

Usluge pružanja informacija korisnicima podrazumjevaju funkcionalnosti pronalaženja i prikupljanja prometnih informacija sa svih dostupnih izvora putem kooperativnih inteligentnih transportnih sustava, njihovu obradu i interpretaciju te stvarnovremensku isporuku korisniku. Kooperativni multimodalni rutni vodiči združuju u jedinstvenu funkcionalnu cjelinu više kooperativnih usluga kao što su primjerice:

- Trenutno stanje u prometu
- Lokacijama parkirališta i trenutno dostupni broj parkirnih mjesta
- Informiranje o javnom prijevozu
- Planiranje multimodalnog putovanja

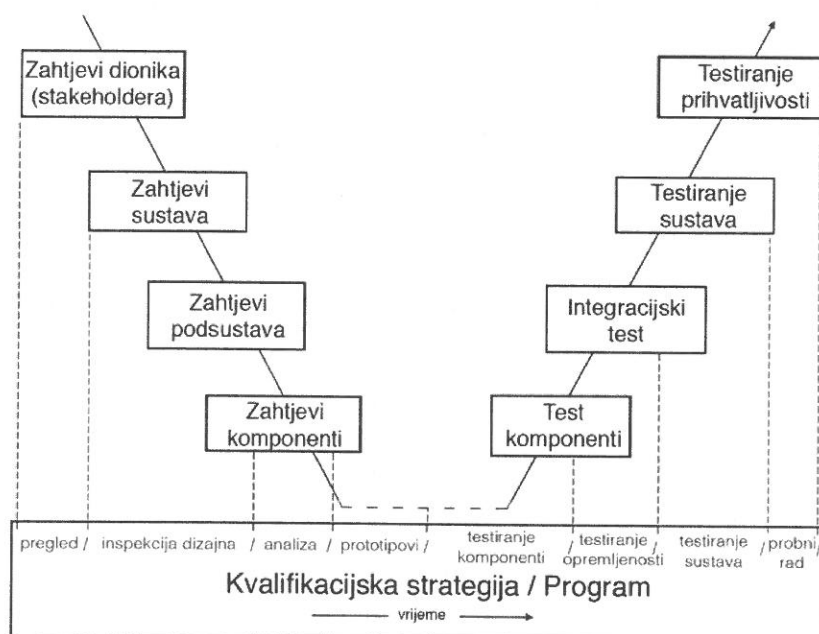
Korisnik u vlastitom korisničkom pogledu ili personaliziranoj aplikaciji kreira sebi prilagođeno putovanje. Takve usluge omogućuju korisnicima bolju informiranost pri izboru načina putovanja, dopuštajući im da izaberu najbolju opciju za svoje potrebe. Kod odabira korisnici prema vlastitim željama i kriterijima odabiru povoljan mod putovanja, rutu, cijenu, vrijeme putovanja i sl. Tijekom takvog putovanja korisnik može odabirati i opcije putovanja koje su manje štetne za okoliš [28].

Kooperativni rutni vodiči korisnicima tijekom putovanja mogu nuditi i prošireni spektar usluga poput npr. putnih karata, prerutiranje, zadržavanje na točkama od posebnog interesa i sl. Kod razvoja proširenog spektra usluga koje nude kooperativni rutni vodiči, posebno se ističu istraživanja u području kooperativnih komunikacija između vozila i infrastrukture. Cilj im je prikupiti i objediniti informacije iz okruženja koje mogu imati utjecaj na korisnikovo putovanje. Takvi kooperativni sustavi u mogućnosti su pružiti personaliziranu asistenciju tijekom putovanja te na kraju poboljšati upravljanje prometom općenito [27].

5.2. Razvoj multimodalnih rutnih vodiča

Prilikom razvoja ovakvih tehnologija, za početak je najbitnije uključivanje zainteresiranih sudionika (stakeholdera) koji će koristiti, upravljati i održavati sustav [10]. Također za razvoj takvih sustava potreban je tim specijaliziranih stručnjaka i inženjera sa područja ITS tehnologija. U početnim fazama razvoja nužno je prikupiti što više korisničkih zahtjeva, prema kojima će se razvijati kooperativni putni vodiči. Takav pristup podrazumijeva „što/kako“ koncept razvoja. Ovakva metodologija u početnim fazama razvoja zahtjeva postizanje zadovoljavajuće razine suglasnosti između korisnika i ostalih zainteresiranih sudionika oko pitanja „ŠTO?“ će sustav raditi.

Tek nakon početnog usuglašavanja korisničkih zahtjeva, može se pristupiti i nalaženju koncepta koji bi trebao odgovoriti na pitanja „KAKO?“ će sustav raditi u tehničko-tehnološkom i organizacijskom smislu. Na takav način i međusobno usuglašeni zahtjevi čine osnovu za planiranje, razvoj sustava i njegovo prihvaćanje u cjelosti. Također, usuglašavanje zahtjeva je bitno kada je između različitih dionika u sustavu potrebno prihvatiti određene kompromise ili je tijekom razvojnog procesa potrebno unijeti određene promjene [27].



Slika 13. V-model razvoja multimodalnih rutnih vodiča, [27]

Na slici 13. prikazan je V-model, odnosno inicijalni pristup prethodno opisanog metodološkog pristupa. Ovim pristupom osigurani su osnovni principi suvremenog razvoja ITS usluga kao što je analiza korisničkih zahtjeva u svim fazama razvojnog životnog ciklusa te testiranje sustava u odnosu na korisničke zahtjeve. Ovakav način razvoja multimodalnih rutnih vodiča, popraćen aktivnostima inženjerstva zahtjeva, osigurava uspješno i održivo praćenje i upravljanje promjenama bilo da je riječ o tehničkim izmjenama unutarnje prirode ili eventualnim promjenama potreba zainteresiranih strana [27].

5.3. Tehnološka platforma za uspostavu multi-modalnih ITS usluga

Tehnološki razvoj ITS sustava koordiniran je između ETSI⁸, CEN⁹ i ISO¹⁰ organizacija koje združeno razvijaju specifikacije. ETSI-jev tehnički odbor za inteligentne transportne sustave –TC ITS zajedno sa CEN TC278 i ISO TC204 tehničkim odborima rade na razvoju cjelokupnog seta standarda, pri čemu je ETSI fokusiran na razvoj testnih specifikacija za kooperativne ITS-e. U tehnološkom smislu, cilj je osigurati razmjenu informacija između različitih ITS aplikacija na način da se ITS stanice nalaze u domenama koje su jasno razgraničene, upravljive te sigurne za razmjenu prometnih podataka. Pristupne tehnologije mogu biti realizirane kao sustavi kratkog dometa i „ad-hoc“ sustavi, ćelijski sustavi te digitalni broadcast sustavi, dok se žičane tehnologije uglavnom koriste za internu komunikaciju.

Europski sustav ITS-a 5.9 GHz zasniva se na standardu WLAN¹¹ i usredotočen je na „ad-hoc“ komunikaciju između vozila i vozila te bazne stanice.

Postojanje baznih stanica u ovom slučaju nije nužni uvjet da bi se ostvarila komunikacija između različitih prometnih entiteta. Taj sustav dobro je rješenje za razmjenu trenutnih informacija o uvjetima na prometnici i izvanrednim događajima. WLAN 5GHz je bežični komunikacijski sustav zasnovan na WLAN standardu, ali s naglaskom na brzoj, ad-hoc podatkovnoj komunikaciji između prometnih entiteta.

⁸ ETSI – European Telecommunications Standards Institute

⁹ CEN – European Committee for Standardization

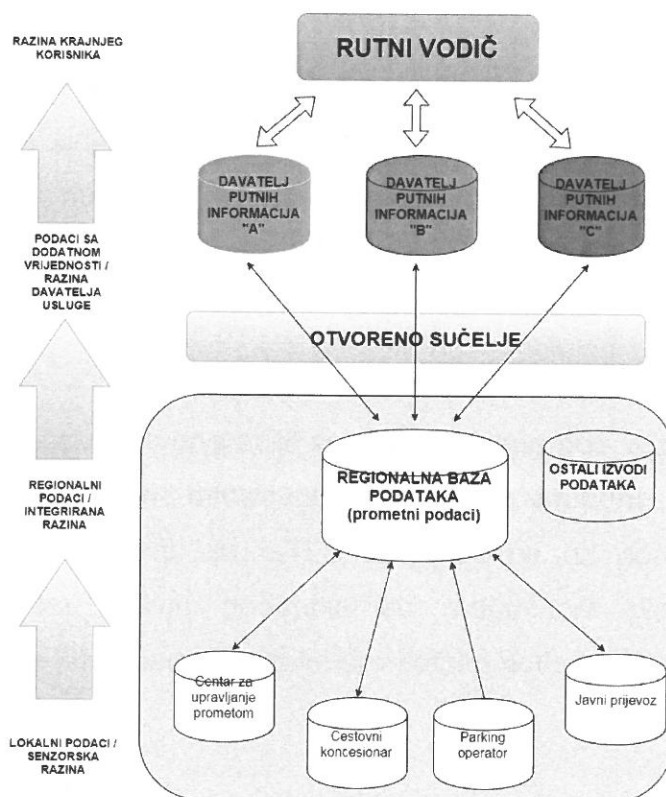
¹⁰ ISO – International Organization for Standardization

¹¹ WLAN je kratica za engleski naziv *Wireless Local Area Network* (hrv. bežična lokalna mreža) i označava lokalnu mrežu (LAN) koja se zasniva na bežičnim tehnologijama.

Također, u široj primjeni kod pristupnih ITS tehnologija koriste se i ćelijske mobilne mreže kao što je GSM/GPRS/3G/4G tehnologija. Ovakvi sustavi prihvatljivi su za prijenos informacija koje mogu izdržati manja kašnjenja. U urbanim sredinama zbog blizine i gustoće baznih stanica pokazuju dobre performanse dok na područjima lošije pokrivenosti uglavnom podržavaju komunikaciju manjim brzinama između sustava u vozilu, personalnih sustave te sustava ugrađenih u infrastrukturu. Ovakve tehnologije omogućuju pristup internetu u vozilu čak i pri velikim brzinama putovanja [27].

5.4. Uspostava podatkovne i informacijske transparentnosti za kooperativne vođiče

Dostupnost podataka i informacija osnovni su preduvjet za razvijanje sustava kooperativnog multimodalnog informiranja. Za tu svrhu potrebno je osigurati uspostavljanje baze podataka koja će obuhvaćati sve prometne i putne informacije.



Slika 17. Koncept uspostave vertikalne podatkovne i informacijske transparentnosti
Izvor: [27]

Na slici 17. prikazan je koncept uspostave vertikalne podatkovne i informacijske transparentnosti koji kroz nekoliko slojeva povezuje najnižu točku tzv. Senzorsku razinu sa najvišom korisničkom razinom. Prema predloženom konceptu, podatci iz senzorske mreže pohranjuju se u regionalne baze podataka koje prema višim razinama imaju otvorena sučelja za razmjenu podataka (API) .

5.5. Aplikativna izvedba multimodalnih rutnih vodiča

Danas brojne multi modalne aplikacije oslanjaju se na brojne open source tehnologije i baze podataka. Veliku ulogu u području razvoja prometnih aplikacija i pristupa prometnim podacima ima GTFS format za pružanje rasporeda vožnje javnog transporta i pripadajućim geografskim informacijama. GTFS nastaje kao Google proizvod prvotno nazvan Google Transit Feed Specification, da bi kasnije ime promijenio u General Transit and Feed Specification.

GTFS format omogućava raznim prometnim agencijama objavu njihovih prometnih podataka koje *developeri* koriste prilikom izrade aplikacija. Podaci su prezentirani u nizu CSV datoteka .txt ekstenzije kompresiranih u ZIP datoteku. Podaci uključuju informacije poput rasporeda vožnje, ruta kretanja vozila i podataka o stanicama javnog prijevoza. GTFS baze podataka primjenu nalaze u raznim aplikacijama poput planera putovanja, online karata i navigacije, mobilnih aplikacija, aplikacija za razne vremenske izračune, analitičke aplikacije, aplikacije mjerenja generalnih performansi i druge alate korištene za putno i predputno informiranje korisnika [29].

GTFS obuhvaća samo operacije vezane za rasporede vožnje i geolokacijama tako da ne uključuje prometne informacije u stvarnom vremenu. Međutim, *real time* informacije mogu se povezati sa GTFS rasporedima uz pomoć GTFS-realtime specifikacija. Prednosti takvih podataka su mogućnost planiranja putovanja, vizualizacija podataka i dostupnost raznim prometnim podacima.

Tablica 1. Popis obaveznih i opcionalnih GTFS datoteka, [31]

Naziv datoteke	Potreba tablice	Opis
agency.txt	Obavezna	Jedna i li više agencija koja pruža prometne podatke
stops.txt	Obavezna	Individualne lokacije gdje vozila kupe ili ostavljaju putnike
routes.txt	Obavezna	Prometne rute. Rute predstavlja grupu putovanja predstavljene putnicima kao jedinstvena usluga
trips.txt	Obavezna	Putovanje svake rute. Putovanje je sekvenca od dva ili više stajanja u određeno vrijeme
stop_times.txt	Obavezna	Vremena kada vozila stižu i odlaze sa pojedinih stanica za svako putovanje
calendar.txt	Obavezna	Tjedni raspored datuma pojedinih usluga razlikovanih ID-jem. Specifikacija kada usluga počinje, kada završava i koje dane u tjednu je dostupna
calendar_dates.txt	Opcionalana	Iznimke pojedinih usluga definiranih u calendar.txt
fare_attributes.txt	Opcionalana	Informacije o rutama prometnih organizacija
fare_rules.txt	Opcionalana	Upute za primjenu informacija o rutama prometnih organizacija
shapes.txt	Opcionalana	Upute za crtanje linija na mapi koje predstavljaju rute prometnih organizacija
frequencies.txt	Opcionalana	Vremena između putovanja kod ruta sa varijabilnom frekvencijom pružanja usluge
transfers.txt	Opcionalana	Upute o linijama na prijelaznim točkama između ruta
feed_info.txt	Opcionalana	Dodatne informacije o pruženim podacima, izdavaču i verziji

Generalne tehničke specifikacije:

- Svi podaci u GTFS zapisu moraju biti spremljeni kao zarezom-delimitiran tekst
- Prva linija uvijek mora sadržavati imena atributa
- Svaki podatak pripada polju koje se nalazi na istoj poziciji
- Sva imena atributa su case-sensitive
- Nazivi atributa ne smiju sadržavati razmake
- Nazivi atributa koji sadrže razmake ili navodnike moraju biti obgrljeni s navodnicima
- Vrijednosti ne smiju sadržavati HTML tagove i komentare
- Svaka linija mora završiti s CRLF ili LF simbolom za prijelaz u novi red
- Encodin zapisa trebao bi biti UTF-8 kako bi bili podržani svi Unicode simboli
- Sve podatkovne tekst datoteke potrebno je komprimirati u ZIP datoteku

★ PublicFeeds

List of publicly-accessible transit data feeds
Featured

This is a list of transit schedule data published by transit agencies and operators in [GTFS](#) format for developers to use. They contain scheduled times, stop locations, route information and optionally fare information and detailed route shapes.

Another [list of official GTFS data](#) is maintained by the [GTFS Data Exchange](#) site.

For details on the feed format, see the [General Transit Feed Specification](#) document.

Agency	Area	Feed Location
TriMet	Portland, OR	http://developer.trimet.org/schedule/gtfs.zip
BART	San Francisco Bay Area, CA	http://www.bart.gov/schedules/developers/open.aspx
Caltrain	San Francisco Bay Area, CA	http://www.caltrain.com/developer.html
DART	Dallas, TX	http://www.dart.org/transitdata/
OCTA	Orange County, CA	http://www.octa.net/current/google_transit.zip
Sacramento RT	Sacramento, CA	http://portal.sacrt.com/GTFS/SRTD
Capital Metro	Austin, TX	http://www.capmetro.org/gisdata/google_transit.zip
Humboldt Transit Authority	Humboldt County, CA	http://data.trilliumtransit.com/gtfs/humboldtcounty-ca-us/
Rio Vista Delta Breeze	Rio Vista, CA	http://data.trilliumtransit.com/gtfs/riovista-ca-us/
Unitrans	Davis, CA	http://portal.sacrt.com/GTFS/Unitrans
Regional Transportation District	Denver, CO	http://www.rtd-denver.com/GoogleFeeder/

Slika 15. Primjer web stranice gdje *developer*i mogu preuzeti GTFS datoteke za određeno područje, [32]

GTFS format predstavlja standard za pružanje informacija o rutama i raspordima javnog prijevoza. Takvi podatci nalaze se na različitim web stranicama razvijenih od velikog broja *developer*a (slika 15) s ciljem da osiguraju dostupnost takve vrste informacija, ali i da se osigura mjesto gdje će *developer*i na jednom mjestu moći pratiti razvoj novih podataka i ažuriranje postojećih [31].

Kao ekstenzija GTFS-a u upotrebi je i GTFS-realtime. GTFS-realtime predstavlja specifikaciju koja programerima pruža ažurne prometne informacije u stvarnom vremenu. Realtime format fokusira se na informacije putnicima, dobru interoperabilnost i jednostavnost implementacije. GTFS-realtime pruža informacije o pozicijama vozila, dostupnosti elemenata prometne mreže i informacijama o kašnjenjima.

GTFS i GTFS-realtime koriste se u aplikacijama koje obrađuju GTFS podatke poput Google Maps, OpenTripPlanner, OneBusAway, Bing Maps, Transit App i mnogim drugim.

Za rad sa GTFS-realtime podacima, *developeri* uglavnom moraju koristiti *gtfs-realtime.proto* shemu za generiranje klasa u programskom jeziku po njihovom izboru. Te generirane klase nakon toga koriste se za izgradnju GTFS-realtime podatkovnog modela objekata pretvarajući ga u binarni zapis ili obrnuto, parsirajem binarni zapis pretvaraju u podatkovne modele objekata

```
import java.net.URL;

import com.google.transit.realtime.GtfsRealtime.FeedEntity;
import com.google.transit.realtime.GtfsRealtime.FeedMessage;

public class GtfsRealtimeExample {
    public static void main(String[] args) throws Exception {
        URL url = new URL("URL OF YOUR GTFS-REALTIME SOURCE GOES HERE");
        FeedMessage feed = FeedMessage.parseFrom(url.openStream());
        for (FeedEntity entity : feed.getEntityList()) {
            if (entity.hasTripUpdate()) {
                System.out.println(entity.getTripUpdate());
            }
        }
    }
}
```

Slika 16. Preuzimanje GTFS-realtime podataka s određenog URL-a, parsiranje i iteriranje kroz dobivenu listu u programskom jeziku Java, [33]

Budući da je generiranje klasa GTFS-realtime podatkovnih modela iz *gtfs-realtime.proto* sheme uobičajena radnja, ali s druge strane često zbunjujuća za *developere* početnike, Google na službenim stranicama objavljuje programsku sintaksu za većinu popularnih programskih jezika putem *gtfs-realtime-bindings* projekta (slika 16) [33].

6. ANALIZA POSTOJEĆIH SUSTAVA MULTIMODALNIH RUTNIH VODIČA

Nagli razvoj prometnih sustava bez jasne vizije prilikom izgradnje kao posljedice trpi niz negativnih čimbenika poput dugih vremena putovanja, nervozu sudionika u prometu, smanjenja sigurnosti, neracionalne potrošnje i iznimno velikog negativnog utjecaja na okoliš [34]. Osim raznih inicijativa i projekata kojima se planirano gradi infrastruktura i utječe na svijest i ponašanje građana, na tržištu se pojavljuju i brojne aplikacije koje svojim korisnicima pružaju niz prometnih informacija na temelju kojih je moguće planirati ili promijeniti rutu postojećeg putovanja. Aplikacije kojima korisnici mogu pristupiti preko web preglednika ili *smartphone* uređaja. Novonastalo tržište web i *smartphone* aplikacija omogućilo je razvoj brojnih servisa i usluga. Upravo tako otvara se prostor i za aplikacije putnog i predputnog informiranja. Postoji niz aplikacija koje su tzv. *proprietary* software (software u privatnom vlasništvu) zatvorenog, dveloperima nedostupnog sustava. U zadnje vrijeme sve se više stavlja naglasak na *open source* tehnologije otvorenog i javno dostupnog koda. Takva vrsta tehnologija omogućuje brojnim inženjerima i programerima pristup djelovima programskog koda aplikacije otvarajući mogućnost nadogradnje svojim novim idejama ili uzimanja određenog dijela koda koristeći ga u svojoj aplikaciji. Na taj način programeri ne trebaju gubiti vrijeme na razvoj funkcionalnosti koje već postoje u drugim aplikacijama, već se fokusiraju na integraciju tuđeg koda i daljnji razvoj.

6.1. Open source tehnologije

Open source je izraz koji se koristi za opisivanje softvera koji se isporučuje korisnicima potpuno besplatno i bez ograničavanja na način kako se koristi, mijenja ili dijeli. Općenito, izvorni kod je potpuno dostupan korisniku na način da ga korisnik može potpuno prilagođavati svojim potrebama. *Open source* projekti se obično razvijaju u krugu zajednice, što znači da bilo koji pojedinac ili kompanija mogu sudjelovati u procesu razvoja. Projekti se najčešće upravljaju od strane odbora i sav razvojni rad podliježe ocjenjivanju zajednice. Veliki projekti mogu uključivati tisuće

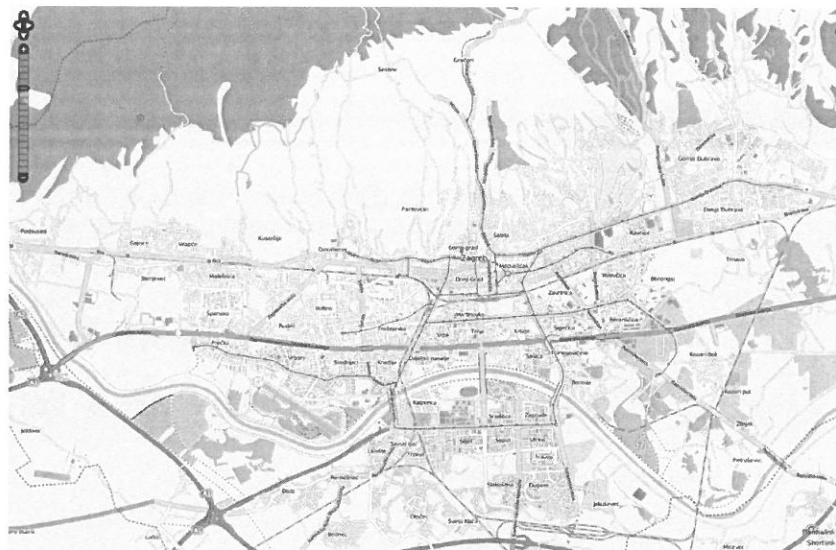
pojedinačnih programera i na desetak velikih kompanija i svi oni zajedno rade na pojedinim aspektima softvera.

Zaljubljenici u open-source-a tvrde da softver razvijen na taj način nastoji da bude snažan, siguran i fleksibilan. Razlog tome je sljedeći: mnogo programera pomaže testiranju samog softvera i ispravljanju grešaka. Osim toga, budući da mnogo programera u određenom trenutku radi na projektu, sigurnosni problemi imaju tendenciju da budu otkriveni i ispravljani vrlo brzo, ponekad u nekoliko sati.

Osim toga što je *open source software* besplatan, mnoge organizacije usvajaju *open source* kod, jer daje početnu prednost njihovom projektu. Kao primjer uzet ćemo kompaniju koja razvija aplikacije za navigaciju u vozilima, ta kompanija može uštedjeti sate programiranja tako što će iskoristiti kod iz *open source* aplikacije virtualne karte poput OpenStreetMap i drugih.

Open source tehnologije danas predstavljaju rastući trend u IT svijetu. Koriste se pri izradi aplikacija iz raznih područja, a veliku primjenu nalaze upravo i u aplikacijama vezanih za prometne procese.

Osim *open source* API-a koje developeri mogu iskoristiti za razvoj svojih aplikacija veliku ulogu za razvoj imaju i tehnologije otvorenih baza podataka. Jedna od takvih tehnologija, danas česta u primjeni je OpenTraffic. OpenTraffic predstavlja potpuno besplatan, open source set podataka o brzini kretanja vozila na prometnicama. Programski kod ove tehnologije ugrađuje se u druge aplikacije poput cestovne navigacije te putem GPS-a i interneta šalje anonimne podatke spremene u globalnu bazu podataka koje pomoću Traffic Engine algoritma mapira na OpenStreet mapu.



Slika 18. Karta grada Zagreba u OpenStreetMap, [35]

OpenStreetMap (slika 18) predstavlja projekt virtualne zajednice s ciljem stvaranja slobodne, svima dostupne karte koju svatko može sam i dorađivati. Karte, odnosno kartografski podaci na OpenStreetMap projektu su doprinosi suradnika, a uglavnom nastaju korištenjem GPS uređaja, zračnim fotografiranjem, iz drugih slobodnih izvora, ili jednostavno poznavanjem zemljišta, odnosno naselja [35].

6.2. Aplikacije u primjeni






Naglasak u ovom završnom radu stavlja se na *open source* aplikacije kao platformu za pristup besplatnim bazama podataka i programskom kodu, korištenih u razvoju novih aplikacija. Aplikacije poput mobilnih navigacija, analitičkih i statističkih aplikacija, online karata, informativnih aplikacija samo su neka od područja primjene *open source* tehnologija. *Open source* tehnologije korištene su i pri izradi multi modalni rutnih vodiča. Iako postoji niz aplikacija ove relativno mlade usluge, od aplikacija u primjeni valja izdvojiti CarFreeAtoZ – alat za multimodalno planiranje i uspoređivanje ruta. CarFreeAtoZ aplikacija namijenjena je stanovnicima Washingtona i sadrži ažurne informacije o redovima vožnje, cijenama karata i niza drugih informacija koje koristi prilikom generiranja tražene rute. Korisnik preko grafičkog sučelja odabire polazište i odredište, vrijeme kretanja ili željeno vrijeme dolaska i modove će se koristiti prilikom izračuna.






















Help Me Choose

Select what matters most to find your best options

By total cost then productive time

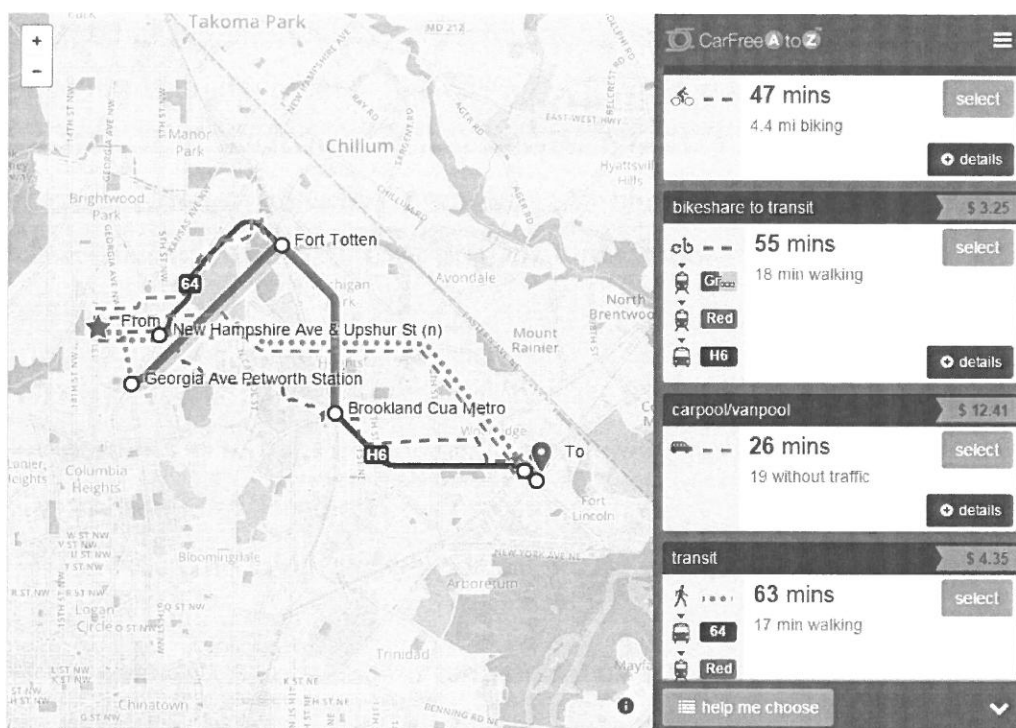
One-wayRound tripDailyYearly



  64  Red  H6	63 min	\$4.35	0.92 mi	58 cal	44 min	select
  64  Red  H6	63 min	\$4.35	0.89 mi	57 cal	43 min	select
  Gr  Red  H6	55 min	\$3.25	0.94 mi	60 cal	33 min	select
	47 min	Free	None	288 cal	None	select
	87 min	Free	4.2 mi	268 cal	None	select
  Red  H6	51 min	\$14.40	0.27 mi	17 cal	26 min	select
  Red  H6	50 min	\$14.40	0.25 mi	16 cal	26 min	select
	26 min	\$12.43	None	None	None	select

Slika 19. Grafičko sučelje CarfreeAtoZ aplikacije, [36]

Aplikacija na temelju odabranih parametara korisniku kao rezultat i izračunava tri rute. Osim grafičkog prikaza rute na mapi, aplikacija korisniku pruža niz statističkih podataka (slika 19) međusobno uspoređivanih između svih izračunatih ruta. Na temelju podataka poput trajanja vožnji, ukupnog troška putovanja, duljine pješaćenja, potrošenih kalorija i *productive* vremena (vremena tijekom vožnje koje putnik može koristiti za čitanje, učenje,...) korisnici mogu odabrati, prema svojim potrebama, najoptimalniju rutu (slika 20).



Slika 20. Grafičko sučelje CarFreeAtoZ aplikacije s prikazom multi modalne rute, [36]

Iako u primjeni, CarFreeAtoZ je beta inačica aplikacije, koja je i dalje u razvoju i otvorena za prijedloge korisnika koji smatraju da je potrebno dodati neke funkcionalnosti koje će uslugu učiniti bogatijom. Aplikacija CarFreeAtoZ oslanja se na korištenje *open source* tehnologija:

- OpenStreetMap
- OpenTripPlanner
- GTFS

OpenStreetMap je *open source* karta svijeta, za čije su stvaranje doprinos dali brojni volonteri diljem svijeta. OpenStreetMap sadrži podatke, koje besplatno mogu koristiti svi u bilo koju svrhu dok god su uz podatke naznačene zasluge OpenStreetMap-a i njegovih doprinositelja. OpenStreetMap karta pridodaje posebnu važnost lokalnom znanju. Doprinositelji prilikom izrade koriste zračne snimke, GNSS uređaje i vlastite novo-prikupljene podatke za provjeru točnosti i ažurnosti OpenStreetMap podataka.

OpenTripPlanner (OTP) predstavlja vodeću *open source* platformu za multimodalno planiranje putovanja i analizu prometne mreže. OTP koristi se kao web sučelje i kao application programming interface (API¹²) za treće strane pružatelja usluga omogućavajući korisniku pretragu ruta birajući korištene modove prijevoza (uključuje pješaćenjem bicikl, javni prijevoz i automobile). OTP se oslanja na *open data* standarde:

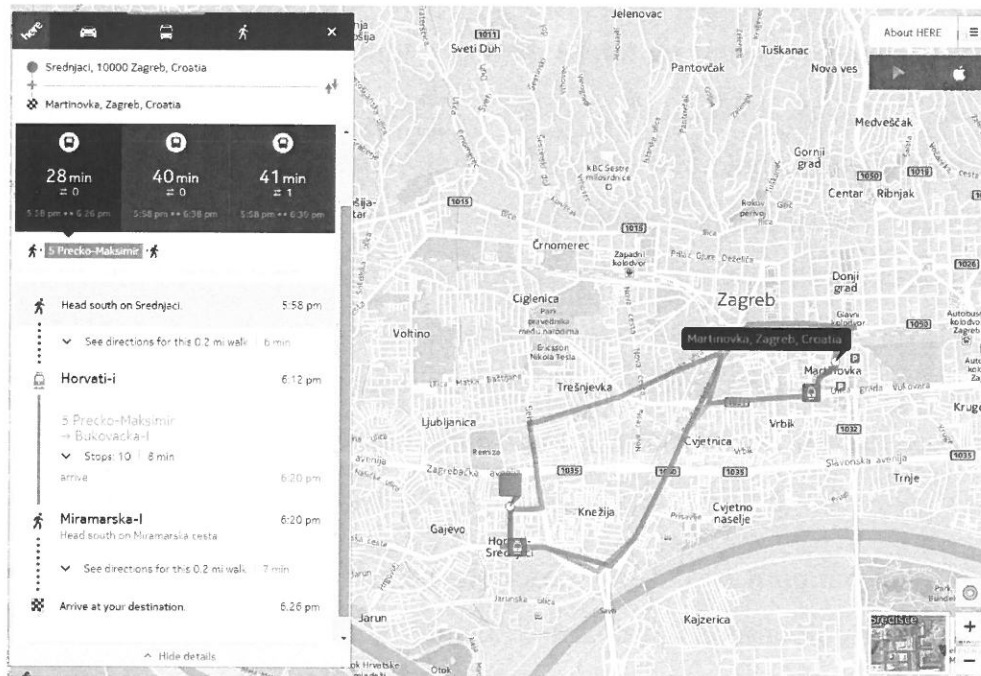
- General Transit Feed Specification (GTFS) format za pružanje transportnih rasporeda i pripadajućim geografskim informacijama
- OpenStreetMap informacije o prometnoj mreži
- GTFS-Realtime informacije o poziciji vozila, kašnjenjima i upozorenjima

OTP se oslanja na *open data* standarde uključujući GTFS za javni prijevoz i OpenStreetMap za mrežu ulica. U novijoj verziji OTP-a koja je trenutno u razvoju, GTFS-Realtime ažuriranja primjenjuju se prilikom procesa optimizacije rute te na taj način prilikom računanja u obzir uzimaju i vozila koja kasne i vozila čije su vožnje otkazane. Projekt je započet 2009. godine, a od tada do danas privukao je brojne korisnike i *developere*. U projekt su investirale mnoge javne agencije, startup programi i drugi. Originalno podržan od strane Portland Oregon's TriMet poduzeća, koji danas koriste OTP kao bazu svojih *plannera* putovanja. Web bazirane OTP implementacije danas su korištene diljem svijeta i također su korišteni kao osnovni sustav nekoliko popularnih smartphone aplikacija [37].

Od aplikacija u primjeni također je bitno napomenuti i aplikaciju Here. Uslugu tvrtke Here koja je u suvlašnistvu triju Njemačkih auto kompanija Audi, BMW i Daimler-a. Aplikacija je u potpunosti besplatna i predstavlja modernu aplikaciju u kojoj korisnici u persolaniziranom sučelju mogu odabrati polazište i odredište birajući između tri moda prijevoza (automobila, javnog prijevoza ili pješaćenja). Iako aplikacija nema u potpunosti razrađenu multi-modalnu uslugu, ona sadrži niz informacija o linijama javnog prijevoza, ažurnim podacima o stanju na cestama, listu raznih točaka interesa, algoritme koji izračunavaju vremena putovanja ovisno o

¹² Aplikacijsko programsko sučelje (engl. application programming interface, API) ili sučelje za programiranje aplikacija je skup određenih pravila i specifikacija koje programeri slijede tako da se mogu služiti uslugama ili resursima operacijskog sustava ili nekog drugog složenog programa kao standardne biblioteke rutina (funkcija, procedura, metoda), struktura podataka, objekata i protokola

odabranoj ruti, modom korištenog prijevoza, vremenom polaska, željenim vremenom dolaska i druge informacije potrebne za što kvalitetnijim i točnijim pružanje usluge korisnicima.



Slika 21. Grafičko sučelje aplikacije Here u web pregledniku s prikazom multi modalne rute, [38]

Primjer multi modalnog rutnog vodiča na slici 21. korisniku pruža izračun triju mogućih ruta, vrijeme trajanja putovanja i prijedlog najoptimalnije. Odabirom na izračun rute koristeći javni prijevoz aplikacija korisniku nudi detaljan pregled multi modalnog putovanja kao što su podaci o smjeru kretanja i vremenu trajanje istog do prve najbliže tramvajske stanice. Kada korisnik stigne do tramvajske stanice aplikacija korisniku daje podatak o tramvajskim linijama koje prolaze, kao i o vremenu vožnje tramvajem do slijedeće točke promjene moda. Here aplikacija u potpunosti je besplatna multi platformaska aplikacija. Aplikaciju je moguće koristiti putem web preglednika računala, apple i android smartphona. Skupina korisnika kojoj je Here aplikacija namjenjena je široka te njene funkcionalnosti predputnog planiranja putovanja i navigacije u vozilima mogu koristiti privatni korisnici, ali i tvrtke koje inteligentnim planiranjima putovanja mogu ostvariti velike uštede.

Prednost ovakvih, gore navedenih, aplikacija je u tome što se u potpunosti oslanjaju na *open source* tehnologije, API-e i baze podataka pružajući priliku

volonterima i ljudima koji žele razvijati ovakve aplikacije s ciljem da stvore besplatnu platformu koja će njenim korisnicima pružati praktičnu i atraktivnu uslugu.

Aplikacije poput CarFreeAtoZ i Here neki su od primjera multi modalnih informativnih aplikacija. Aplikacija u stalnoj vezi sa internetom povlači podatke iz javno dostupnih baza podataka i na temelju istih korisniku na temelju unesenih parametara izračunava nekoliko ruta. CarFreeAtoZ i Here multimodalne aplikacije posebno su zanimljive iz razloga što se baziraju na *open source* tehnologijama i javno dostupnim bazama podataka. Oslanjajući se na open source mape (npr. OpenStreetMap, GoogleMaps,...), tehnologije (OpenTripPlanner) i GTFS protokole podataka stvara se kvalitetna platforma za daljnji razvoj ovakvog tipa usluga. Platforma javno dostupnih podataka i tehnologija čijom implementacijom možemo stvarati nove i kvalitetnije aplikacije koje će usluge putnog i predputnog informiranja učiniti nezamjenjivim alatom za planiranje putovanja.

Potrebno je naglasiti da ovakve aplikacije ne bi bile moguće niti funkcionalne da prethodno nisu zadovoljeni brojni uvjeti. U razvoju ITS tehnologija i usluga veliku ulogu ima Europska unija definirajući brojne regulative koje njene članice trebaju usvojiti i primjeniti. Osim ITS infrastrukture i kooperativnih tehnologija koje stvaraju i prosljeđuju obilje podataka iz sustava potrebno je naglasiti i važnost prometnih centara koji predstavljaju centralni živčani sustav prometne mreže u koji se slijevaju sve prometne informacije, obrađuju i prosljeđuju davateljima usluga [39].

7. ZAKLJUČAK

Multimodalni rutni vodiči predstavljaju objedinjavanje brojnih predputnih i putnih usluga pružanja prometnih informacija te na temelju istih pružaju usluge korisniku. Usluge gdje uređaj na temelju svih tih prikupljenih podataka bira optimalnu rutu, koristeći više modova prijevoza te na taj način štedi vrijeme, novac i okoliš.

Nužni preduvjet za razvoj ovakvih tehnologija zahtjeva inovativne komunikacijske usluge i primjenu suvremenih tehnologija. Integracijom informacija predputnog i putnog informiranja osiguravamo platformu za pružanje stvarnovremenske usluge korisniku. Usluge na temelju koje će korisnik planirati putovanje na način da najbrže i najsigurnije stigne od točke A do točke B uz minimalne troškove. Kako bi sustav funkcionirao neophodni su prometni centri koji će prikupljati prometne podatke, obrađivati ih i prosljeđivati korisnicima.

Osim prometnih centara također je od iznimne važnosti otvaranje sučelja prema bazama prometnih podataka i stvaranje javno dostupnih regionalnih baza prometnih podataka trećim stranama i davateljima usluga. Pružanje stvarnovremenskih informacija prije i za vrijeme putovanja od velike je koristi kako pojedincima, tako i cjelokupnom prometnom sustavu povećavajući učinkovitost prometnih procesa.

Implementacija kooperativnih multimodalnih rutnih vodiča ne smije se raditi bez jasne vizije, plana i cilja. Potrebno je primijeniti odgovarajuće smjernice (propisane od europske unije) koje će krajnju uslugu učiniti praktičnom, atraktivnom i dostupnom svim skupinama korisnika.

POPIS LITERATURE

- [1] Bošnjak I., Badanjak D., Osnove prometnog inženjerstva, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2005.
- [2] Internet adresa: http://www.mobiped.com/definition-mobilite-durable_en.html
- [3] Brčić D., Slavulj M., Zbornik s okruglog stola "Planovi održive urbane mobilnosti - SUMP", Zagreb, 2014.
- [4] Internet adresa: http://www.civitas.eu/sites/default/files/civitas_lflt_hr_web.pdf
- [5] Internet adresa: <http://koprivnica.hr/projekti-grada/civitas-dynmo/>
- [6] Internet adresa: <http://www.civitaszagreb.hr/o-projektu/>
- [7] Internet adresa: <http://www.europarl.europa.eu/portal/hr>
- [8] Nacionalni program za razvoj i uvođenje ITS-a u cestovnom prometu 2014-2018 – (prijedlog)
- [9] European ITS Framework Architecture (FRAME) Browsing Tool
- [10] Internet adresa: <http://www.frame-online.net/>
- [11] Morgan S., Intelligent Transportation Systems: Technologies and Applications, Clanrye International, New York, 2015.
- [12] Bošnjak I., Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2006.
- [13] Mashrur A. Chowdhury, Sadek A., Fundamentals of Intelligent Transportation Systems Planning, Artech House, Norwood, 2003.
- [14] Vujić, M., Nastavni materijali kolegija: Arhitektura inteligentnih transportnih sustava, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2015.
- [15] Mandžuka S., Što su kooperativni sustavi?, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2014.
- [16] Internet adresa: <http://www.shifteast.com/inside-the-tokyo-traffic-control-center/>
- [17] Internet adresa: <http://www.prometna-zona.com/galerija-cestovnog-prometa/>
- [18] Dadić, I., Kos G., Teorija i organizacija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2007.
- [19] Internet adresa: <http://www.slashgear.com/>
- [20] Internet adresa: <http://www.prometna-signalizacija.com/vertikalna-signalizacija/>
- [21] Internet adresa: https://en.wikipedia.org/wiki/Radio_Data_System
- [22] Internet adresa: <http://veszpremmmbb.hu/images/stories/tmc1.jpg>

- [23] Internet adresa: https://en.wikipedia.org/wiki/Personal_digital_assistant
- [24] Internet adresa: <http://garmin.com/>
- [25] Internet adresa: <http://www.businessinsider.com/car-mount-holder-for-smartphones>
- [26] Fang C., Wei H., CICTP 2012: Multimodal Transportation Systems – Convenient, Safe, Cost-effective, Efficient, American Society of Civil Engineer, Baltimore, 2012.
- [27] Škorput P., Mandžuka B., Vujić M., Razvoj kooperativnih multimodalnih putnih vodiča – 22nd Telecommunications forum TELFOR Belgrade, 2014.
- [28] Hammadi S., Ksouri M., Multimodal Transport Systems, Wiley-ISTE, Oxford, 2013.
- [29] Internet adresa: <http://www.transitwiki.org/TransitWiki/index.php?title=GTFS-realtime>
- [30] Internet adresa: http://imamopravoznati.org/request/gtfs_datoteke
- [31] Internet adresa: <https://developers.google.com/transit/gtfs/reference>
- [32] Internet adresa: <https://code.google.com/p/googletransitdatafeed/>
- [33] Internet adresa: <https://developers.google.com/transit/gtfs-realtime/code-samples>
- [34] Županović, I., Tehnologija cestovnog prometa, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2005.
- [35] Internet adresa: <https://hr.wikipedia.org/wiki/OpenStreetMap>
- [36] Internet adresa: <http://www.carfreeatoz.com/planner>
- [37] Internet adresa: <http://www.opentripplanner.org/>
- [38] Internet adresa: <https://maps.here.com/>
- [39] Fricker J., Whitford R., Fundamentals of Transportation Engineering: A multimodal Systems Approach, Prentice Hall, New Jersey, 2004.

POPIS SLIKA

Slika 1. Područja utjecaja povećanjem prometne potražnje

Slika 2. Razvojni tok analize, postavljanja ciljeva, razrade i implementacije plana održive mobilnosti u gradovima

Slika 3. Pet Europskih gradova u kojima se provodio projekt CIVITAS ELAN

Slika 4. Operativni koncept sustava informiranja putnika i vozača

Slika 5. Temeljni koncept kooperativnih sustava

Slika 6. Prometni centar prikuplja i obrađuje real-time prometne informacije

Slika 7. Primjer informiranja vozača o incidentu na prometnici

Slika 8. Heads-up display u vozilu

Slika 9. VMS na autocesti u Republici Hrvatskoj koji daje informacije o meteorološkim uvjetima i ograničenju brzine ovisnom o uvjetima

Slika 10. Prikaz pružanja informacije o incidentu korištenjem TMC tehnologije

Slika 11. Primjer GPS navigacije na zaslonu pametnog telefona

Slika 12. Smartphone kao zamjena za klasične GPS uređaje u vozilu

Slika 13. V-model razvoja multimodanih rutnih vodiča

Slika 14. CSV zapis ruta autobusnih linija otvoren u Windows Notepad text editoru

Slika 15. Primjer web stranice gdje *developeri* mogu preuzeti GTFS datoteke za određeno područje

Slika 16. Preuzimanje GTFS-realtime podataka s određenog URL-a, parsiranje i iteriranje kroz dobivenu listu u programskom jeziku Java

Slika 17. Koncept uspostave vertikalne podatkovne i informacijske ransparentnosti

Slika 18. Karta grada Zagreba u OpenStreetMap

Slika 19. Sučelje CarfreeAtoZ aplikacije

Slika 20. Grafičko sučelje CarFreeAtoZ aplikacije s prikazom multi modalne rute

Slika 21. Grafičko sučelje aplikacije Here u web pregledniku s prikazom multi modalne rute



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada
pod naslovom **Multimodalni rutni vodiči**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 10.01.2016.

Student/ica:

Matija Škorić

(potpis)